

NOTA 1223

september 1980

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**

DE CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN HET OPPERVLAKTEWATER  
IN NOORD-HOLLAND BENOORDEN HET NOORDZEEKANAAL EN HET IJ

ing. S.H.B. Daamen

ing. C.G. Toussaint

XXIII

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

31 OKT. 1990



15n-522046x

STARRINGGEBOW  
BIBLIOTHEK

## I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. GEBIEDSBESCHRIJVING	3
2.1. Ligging	3
2.2. Bodemkundige gesteldheid	3
2.3. Waterhuishouding	6
3. ONDERZOEK	6
3.1. Monsterplaatsen	6
3.2. Onderzochte ionen en overige bepalingen	10
4. VERWERKING RESULTATEN	12
4.1. Berekeningen	12
4.1.1. Ionenconcentraties	12
4.1.2. Correlatie en regressie	15
4.2. Tabellen en figuren	15
4.3. Stiffdiagrammen	16
5. BESPREKING RESULTATEN	17
5.1. Verloop van de ionenconcentratie	17
5.2. Kwalitatieve en kwantitatieve interpretatie	17
5.2.1. Watertypen	18
5.2.2. Kwantitatieve resultaten	21
5.3. Correlatiestussen de bepalingen	33
5.3.1. Correlatie in de samenstelling van het grondwater en het oppervlaktewater	33
5.3.2. Correlaties in het oppervlaktewater	38

	blz.
6. DE GEVOLGEN VOOR HET WATERGEBRUIK	44
7. SAMENVATTING	46
8. LITERATUUR	50
9. BIJLAGEN	51

## INLEIDING

Naast onze drinkwatervoorziening, die voor een deel afhankelijk is van het oppervlaktewater, maakt de industrie steeds meer aanspraak op dit water. De huidige ontwikkelingen op het terrein van de landbouw, de natuur, het milieu en de recreatie, benadrukken de daaruit voortvloeiende problemen van de watervoorziening. Hierbij speelt zowel de kwantiteit als de kwaliteit een belangrijke rol.

In Noord-Holland wordt reeds jaren lang de kwaliteit van het oppervlaktewater nagegaan, waarbij het accent voornamelijk lag op de verzilting c.q. chloridegehalte. De ontwikkelingen in het laatste decennium hebben met betrekking tot de 'milieuverontreiniging' aan het waterkwaliteitsonderzoek een belangrijke uitbreiding gegeven. In het kader van het onderzoek naar de 'hydrologie en waterkwaliteit' dat in 1976 is gestart, is ruim aandacht besteed aan de verschillende kwaliteitsaspecten, met name aan de ionenbalans. Het onderzoek is uitgevoerd met medewerking van het hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland (U.S.) en Provinciale Waterstaat van Noord-Holland (PWS).

Als gevolg van de grote bevolkingsdichtheid, de hoge mate van industrialisatie en een steeds intensievere landbouw wordt de kwaliteit van het water nadelig beïnvloed. De hiermee verband houdende grondwateronttrekkingen vormen een steeds groter probleem.

Van oudsher heeft Noord-Holland een gecompliceerd waterhuishoudkundig systeem met veel waterlopen en kunstwerken. Met dit systeem kan zowel de afvoer als de aanvoer van water worden geregeld. Een toenemende verontreiniging van het ingelaten IJsselmeerwater (komt nagenoeg overeen met Rijnwater) en van het boezem- en polderwater kan gevolgen hebben voor de verdere ontwikkelingen in dit gebied met name voor de tuinbouw.

Bij het kwaliteitsonderzoek van het oppervlaktewater kan men onderscheid maken tussen de anorganische en organische verontreiniging. In het hier beschreven onderzoek is speciaal aandacht besteed aan de chemische samenstelling van het water, waarbij de belangrijkste kat- en anionen zijn betrokken. De resultaten van het onderzoek naar de organische verontreiniging zal op een later tijdstip worden gepubliceerd.

Door verschillende overheids- en particuliere instellingen is reeds veel onderzoek verricht. In de afgelopen jaren heeft dit onderzoek zich uitgebreid tot de algehele waterkwaliteit, gericht op velerlei doeleinden. Hierbij blijkt het opsporen en kwantificeren van bronnen van verontreiniging een belangrijk aspect.

Uit oogpunt van de landbouw werd sinds vele jaren de verziltings-toestand gehanteerd als indicatie voor de anorganische verontreiniging van het water. Dit is op zich niet vreemd, omdat de natrium- en chloride-ionen een belangrijke bijdrage leveren aan de gehele ionenbalans en bovendien in oplosbare vorm voorkomen en blijven. Het gehalte aan genoemde ionen blijkt echter geen absolute maat voor het totale gehalte aan minerale zouten. Ook andere aanwezige zouten hebben invloed op de algehele waterkwaliteit. De behoefte aan inzicht in de chemische samenstelling en het verloop van de ionenconcentraties in het oppervlaktewater wordt groter, omdat er meer uiteenlopende eisen gesteld worden aan de waterkwaliteit. Uit onderzoek blijkt, dat er limieten moeten worden gesteld aan de concentratie van bepaalde ionen, om eutrofiëring en schadelijke gevolgen, onder andere voor de recreatie en tuinbouw te voorkomen. Van deze zijde is er dan ook een toenemende belangstelling.

Deze nota heeft tot doel om aan de hand van de verzamelde gegevens in de periode januari 1977 t/m maart 1979 een inzicht te geven in de hoedanigheid van het oppervlaktewater en de eventuele gevolgen hiervan.

## 2. GEBIEDSBESCHRIJVING

### 2.1. L i g g i n g

Het beschouwde onderzoeksgebied wordt in het westen begrensd door de Noordzee, aan de zuidzijde vormt het Noordzeekanaal en het IJ de grens, de oostelijke grens wordt bepaald door de dijken langs het IJsselmeer, terwijl in het Noorden het gebied aan de Waddenzee grenst. De beide eilanden Texel en Marken zijn niet opgenomen in het onderzoek. Er komen veel droogmakerijen voor, waarvan een aantal met name de Beemster, Heerhugowaard, de Purmer, de Schermeer, Starnmeer, de Wijde Wormer en enige kleinere polders reeds enkele eeuwen geleden zijn drooggelegd. De Wieringermeer is vrij recent, namelijk omstreeks 1930, ingepolderd.

Om een goed inzicht te krijgen in het onderzoeksgebied is het onderverdeeld in 6 detailgebieden (fig. 1). Deze detailgebieden komen overeen met de gebiedsindeling, zoals P.W.S. in het jaarverslag 1977 t/m 1978 heeft gebruikt. Deze indeling is ontstaan door samenvoeging van gebieden die in onderling overleg van PWS, US en ICW zijn gekozen. Bij de keuze van de afzonderlijke gebieden is rekening gehouden met het gemiddelde stromingsbeeld en andere interne omstandigheden zoals grondgebruik en eventuele aanwezige verontreinigingsbronnen.

Bij de verwerking van de gegevens zijn de resultaten per detailgebied weergegeven.

### 2.2. B o d e m k u n d i g e g e s t e l d h e i d

De ondergrond van Noord-Holland benoorden het IJ is zeer complex samengesteld. In de loop der tijden zijn verschillende marine-, glaciale- en fluviatiele sedimenten afgezet en vervolgens voor een groot deel geërodeerd door de opkomende Noordzee vanuit het westen en de Zuiderzee vanuit het oosten (POMPER, 1979).

In het Holocene werd het klimaat milder en steeg het zeeniveau waardoor praktisch het gehele onderzoeksgebied opnieuw werd overstroomd. In deze periode werden de strandwallen en duinen gevormd.

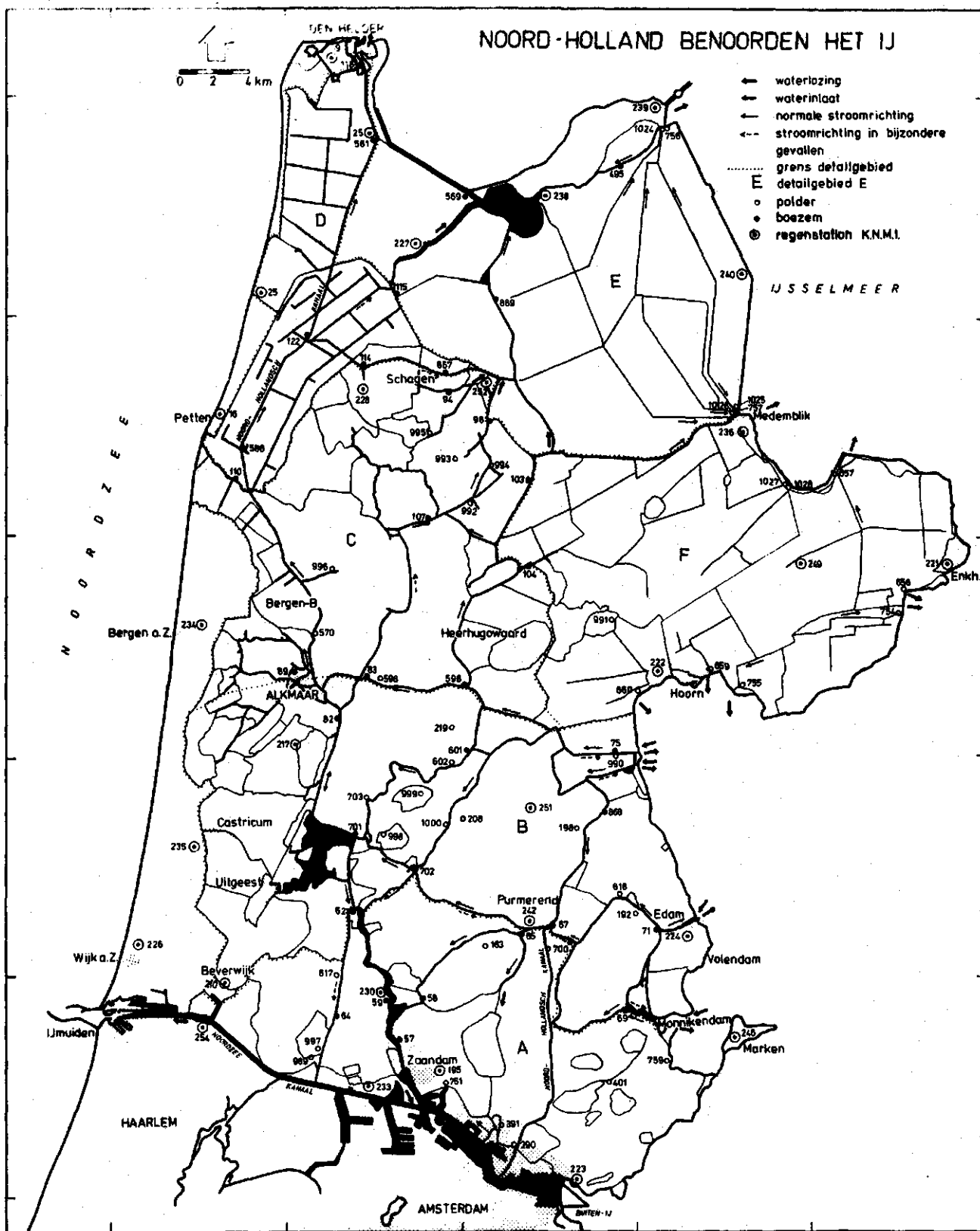


Fig. 1. Overzichtskaart monsterplaatsen



Direkt achter de duinen liggen in de kop van Noord-Holland, matig fijne zandgronden die geschikt zijn voor de bollenteelt, indien beregening of infiltratie mogelijk is. Ten zuiden van Petten vindt achter de duinen, een grillige afwisseling plaats van zand- en kleigronden, die over het algemeen kalkarm zijn. In het gebied rond Schagen komen afwisselend oude en jonge zeekleigronden voor, vooral de jonge zeekleigronden worden hier gebruikt voor de vollegrondstuinbouw. De oude zeekleigronden, die vooral wordt aangetroffen in de droogmakerijen, zijn in gebruik als grasland of bouwland. Hetzelfde bodemtype wordt gevonden in de grote droogmakerijen, met uitzondering van de Purmer. In het noordelijk deel van de Purmer komt ook de oude zeeklei voor. In het zuidelijk deel wordt kalkloze baggerkleigronden op veen en fijnzandige zandgronden aangetroffen. Deze polder ligt geheel in grasland, omdat de zandgronden te droog zijn voor andere teelten.

In Westfriesland worden de Westfriesse zeekleigronden gevonden welke sterk verschillen in slibgehalte. De humusrijke zavelgrond is goed geschikt voor tuinbouw, al kan er in droge jaren droogteschade ontstaan. De humusrijke kleigronden worden vooral gebruikt voor grasland of bouwland. Voor diepwortelende gewassen zijn deze gronden minder geschikt door het voorkomen van storende lagen.

Het oostelijk deel van West-Friesland inclusief de Heerhugowaard is eveneens zeer geschikt voor tuinbouw. Vooral de lichtere zavelgronden worden ook gebruikt voor de bollenteelt, de zwaardere zavelgronden zijn veelal als grasland in gebruik.

Het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied bestaat uit organische gronden. Meestal ligt hier een dunne kleilaag op de veenondergrond. In de kleine droogmakerijen komen restveengronden voor. Het gehele gebied is als grasland in gebruik.

De jongste polder, de Wieringermeer, is opgebouwd uit oude zeekleigronden die variëren van zware klei tot zware zavel. Deze zavelige gronden worden gebruikt voor de bollenteelt, de zwaardere gronden zijn in gebruik als bouwland of grasland.

(Rapport v.d. verkenning v.d. bodemgesteldheid van Noord-Holland: Stiboka 1957).

### 2.3. Waterhuishouding

Het merendeel van de hoeveelheid water die het onderzoeksgebied van Noord-Holland, hoofdzakelijk in het zomerhalfjaar nodig heeft voor peilbeheersing en doorspoeling wordt ingelaten bij Lutje Schardam, Edam en Monnikendam (zie fig. 1). In het algemeen is er voldoende IJsselmeerwater van een redelijk goede kwaliteit voorhanden, uitgezonderd in de zeer droge zomers, zodat de boezem frequent kan worden doorgespoeld.

Het Noordhollandskanaal vervult een belangrijke functie als transportweg van het boezemwater. Bij Den Helder wordt dit water uitgeslagen in de Noordzee, voor het zuidelijk deel van het gebied wordt dit boezemwater via de Zaan uitgeslagen op het Noordzeekanaal. De Wieringermeer heeft twee lozingspunten namelijk bij Medemblik en bij Den Oever; hier wordt voornamelijk kwelwater geloosd op het IJsselmeer. De kwelpolders lozen het hele jaar door water op de boezem; de infiltratiepolders slaan hoofdzakelijk in de winterperiode water uit op de boezem. In de zomerperiode wordt vaak water ingelaten om het polderpeil te kunnen handhaven, vooral in tuinbouwgebieden is dit van groot belang.

Het grote aantal polders in Noord-Holland speelt een belangrijke rol bij de waterhuishouding van het gehele gebied. Al deze polders hebben een eigen polderpeil afhankelijk van de gewenste diepte van het grondwater, de doorlatendheid van het profiel en het bodemgebruik.

## 3. ONDERZOEK

### 3.1. Monsterplaatsen

Voor het gericht uitvoeren van een onderzoek met een omvang zoals voor Noord-Holland is opgezet, moeten veel kwaliteitsanalyse gegevens van verschillende bemonsteringsplaatsen beschikbaar zijn. Voor het verkrijgen van de benodigde gegevens werd het boezem- en polderwater regelmatig bemonsterd. De technische dienst van US

bemonsterde het boezemwater en enkele polderpunten in Westfriesland. PWS verzorgde de bemonstering van het polderwater.

Hierbij werd helaas door beide instanties voor veelal dezelfde monsterplaatsen, een eigen nummering van de monsterplaatsen aangehouden. Tijdens het onderzoek heeft dit nogal eens problemen met zich meegebracht, met name bij de automatische verwerking van de gegevens. In overleg met de betrokken instanties is bij de verwerking van de gegevens de nummering aangehouden, zoals deze door PWS wordt gehanteerd.

De bemonstering, door zowel US als PWS heeft plaatsgevonden over een periode van januari 1977 tot en met maart 1979. In totaal werden ten behoeve van het onderzoek naar de chemische samenstelling van het oppervlaktewater, 35 punten in het boezemwater en 41 punten in het polderwater, eenmaal per maand bemonsterd en geanalyseerd (tabel 1 en 2). Om een indruk te krijgen van de samenstelling van het ingelaten water zijn tevens de analyseresultaten van het Rijnwater bij Lobith en het IJsselwater bij Kampen, weergegeven. Deze gegevens van de maandelijkse bemonstering werden beschikbaar gesteld door de Internationale commissie ter bescherming van de Rijn tegen verontreiniging (IRC). Door de Rijncommissie Waterleidingbedrijven (RIWA) wordt het IJsselmeerwater bij Andijk eenmaal per maand bemonsterd. Ook deze resultaten zijn opgenomen in dit onderzoek.

HYDROLOGIE EN WATERKwalITEIT NOORD-HOLLAND

TABEL 1 OMSCHRIJVING VAN DE MONSTERPLAATSEN IN HET BOEZEMWATER

DETAILGEBIED A SCHERMERBOEZEM-ZUID EN WATERLAND

- 57 ZAAAN PRINS BERNHARDBRUG ZAANDAM
- 58 RINGVAART WIJDE NORMER BRUG MAALDESBROEK
- 59 ZAAAN JULIANABRUG ZAANDAM
- 64 NAUERNASCHÉ VAART BRUG VROUWENVERDRIET
- 65 RINGVAART WIJDE NORMER BRUG NECK

DETAILGEBIED B SCHERMERBOEZEM-HIDDEN

- 62 TAPSLoot BRUG WESTKNOLLENDAM
- 67 BEEMSTERRINGVAART BRUG PURHEREND
- 69 PURMERRINGVAART BRUG MONNICKENDAMMERWEG
- 71 PURMERRINGVAART JAN KONINGBRUG EDAM
- 75 BEEMSTERUITWATERING BRUG WEG OOSTHUIZEN-HOORN
- 82 NOORDHOLLANDSCH KANAAL LEEGHWATERBRUG ALKMAAR
- 601 SCHERMERRINGVAART BRUG SCHERMERHORN
- 701 NOORDHOLLANDSCH KANAAL KOOGERPOLDERBRUG
- 702 NOORDHOLLANDSCH KANAAL SPIJKERBOOR
- 868 BEEMSTERRINGVAART STENEN BRUG OOSTHUIZEN

DETAILGEBIED C VERENIGDE RAAKSMATs- EN NIEDORPERKOGGEBOEZEM,  
SCHAGERKOGGEBOEZEM EN SCHERMERBOEZEM-WEST

- 83 RINGVAART VAN DE HEERHUGOWAARD BRUG HUYGENDIJK
- 89 RINGVAART VAN DE BERGERMEER BRUG WEG ALKHAAR-BERGEN BIJ ALKMAAR
- 94 MIENT BRUG BIJ RAADHUIS BARSINGERHORN
- 98 KANAAL OMVAL-KOLHORN BRUG BIJ MIENTHoeVE LUTJEWINKEL
- 103 LANGEREIS WINKELERBRUG
- 104 WIJZEND BRUG WIPBRUGLAAN BIJ OPMEER
- 107 KANAAL OMVAL-KOLHORN BRUG HOGEBRUGWEG BIJ WAARLAND
- 110 HONDSBOSSCHÉ VAART BRUG HARGERWEG
- 570 NOORDHOLLANDSCH KANAAL KOEDIJKERVLOTBRUG
- 598 SCHERMERRINGVAART BRUG RUSTENBURG

DETAILGEBIED D SCHERMERBOEZEM-NOORD

- 114 KANAAL STOLPEN-SCHAGEN TRAPBRUG BIJ SCHAGEN
- 115 GROOTE SLOOT BRUG KOM OUDSLUIS
- 118 NOORDHOLLANDSCH KANAAL BRUG BIJ SPOORWEGHAVEN DEN HELDER
- 122 NOORDHOLLANDSCH KANAAL BRUG DE STOLPEN
- 581 NOORDHOLLANDSCH KANAAL KOOYBRUG
- 586 NOORDHOLLANDSCH KANAAL BURGervLOTBRUG
- 867 KANAAL SCHAGEN-KOLHORN BRUG NIELDIJK

DETAILGEBIED E BOEZEM VAN HET AMSTELMEER EN WIERINGERMEER

- 495 AMSTELMEERKANAAL BRUG BURGERWEG
- 569 BALGZANDKANAAL BRUG BIJ VAN EWIJCKSLUIS
- 889 WAARDKANAAL NIEUWESLUIZERBRUG

N.B. In detailgebied F komen geen monsterplaatsen in het boezemwater voor

# HYDROLOGIE EN WATERKWALITEIT NOORD-HOLLAND

TABEL 2 OMSCHRIJVING VAN DE MONSTERPLAATSEN IN HET POLDERWATER

## DETAILGEBIED A SCHERMERBOEZEN-ZUID EN WATERLAND

183	W'SCHAP DE WIJDE NORMER MACHINETOCHT BRUG NOORDERWEG
390	H'H'SCHAP WATERLAND NOORDHOLLANDSCH KANAAL BRUG BUIKSLOTERDIJK
391	H'H'SCHAP WATERLAND GEMAAL KADOELEN
401	H'H'SCHAP WATERLAND BRUG BROEKERVAART BROEK IN WATERLAND
617	POLDER ASSENDELT BIJ GEMAAL
700	H'H'SCHAP WATERLAND NOORDHOLLANDSCH KANAAL SPOORBRUG
759	H'H'SCHAP WATERLAND GEMAAL DE POEL
761	POLDER OOSTZAAN BIJ GEMAAL
989	POLDER ASSENDELT BIJ GEMAAL AAN ZIJKANAAL D
997	VEENPOLDER TE ASSENDELT BIJ GEMAAL

## DETAILGEBIED B SCHERMERBOEZEN-MIDDEN

192	W'SCHAP DE PURMER MIDDENTOCHT BRUG EDAMMERWEG
198	W'SCHAP DE BEEMSTER OOSTHUIZERSLOOT BRUG PURMERENDERWEG
208	W'SCHAP DE BEEMSTER MIDDELSLOOT BRUG NORMERWEG
219	W'SCHAP DE SCHERMEER NOORDERTOCHT BRUG RUSTENBURGERWEG
602	W'SCHAP DE SCHERMEER GEMAAL EMMA
618	POLDER DE ZEEVANG BIJ GEMAAL
703	W'SCHAP DE SCHERMEER GEMAAL JULIANA
990	POLDER REETSKOOG BIJ GEMAAL
998	POLDER DE GRAFTERMEER TOEVOERLEIDING GEMAAL DUIKER GROENEWEG
999	NOORDEINDERMEERPOLDER TOEVOERLEIDING GEMAAL KRUISING MIDDENWEG
1000	H'SCHAP DE EILANDSPOLDER BIJ GEMAAL

## DETAILGEBIED C VERENIGDE RAAKSHAATS- EN NIEDORPERKOGGEBOEZEN, SCHAGERKOGGEBOEZEN EN SCHERMERBOEZEN-WEST

596	POLDER HEERHUGOWAARD BIJ GEMAAL
992	W'SCHAP DE NIEDORPERKOGGE GEMAAL DE LEIJEN
993	W'SCHAP DE NIEDORPERKOGGE GEMAAL DE KAMPEN
994	W'SCHAP DE NIEDORPERKOGGE GEMAAL VAN DE V.M. OOSTERPOLDER
995	SLIKVENPOLDER BIJ GEMAAL
996	POLDER GEESTMERAMBACHT BIJ NIEUWE GEMAAL

## DETAILGEBIED E BOEZEM VAN HET AMSTELMEER EN WIERINGERMEER

756	H'SCHAP DE WIERINGERMEER GEMAAL LEEMANS HOOGHE KWELVAART
757	H'SCHAP DE WIERINGERMEER GEMAAL LELY MEDEMBLIKKERVAART
1024	H'SCHAP DE WIERINGERMEER GEMAAL LEEMANS DEN OEVERSCHE VAART
1025	H'SCHAP DE WIERINGERMEER GEMAAL LELY LAGE KWELVAART
1026	H'SCHAP DE WIERINGERMEER GEMAAL LELY WESTFRIESCHE VAART

## DETAILGEBIED F WESTFRIESLAND

657	POLDER HET GROOTSLAG BIJ NIEUWE GEMAAL ANDIJK
658	POLDER HET GROOTSLAG BIJ GEMAAL BROEKERHAVEN
659	OOSTERPOLDER IN DRECHTERLAND GEMAAL HOORN
660	POLDER DE WESTERKOGGE GEMAAL DE HULK
754	W'SCHAP DE DRIEBAN BIJ GEMAAL
755	POLDER SCHELLINKHOUT BIJ GEMAAL
991	BAARSDORPERMEERPOLDER TOEVOERLEIDING GEMAAL BRUG IN WEG
1027	VIER NOORDE KOGGEN HOOGWATERSLOOT BIJ NIEUWE GEMAAL
1028	VIER NOORDE KOGGEN LAAGWATERSLOOT BIJ NIEUWE GEMAAL

N.B. In detailgebied D komen geen monsterplaatsen in het polderwater voor

### 3.2. O n d e r z o c h t e i o n e n e n o v e r i g e b e p a - l i n g e n

De analyses van de boezemwatermonsters is uitgevoerd door het laboratorium van US. De monsters van het polderwater heeft PWS laten analyseren bij het Provinciale Waterleidingbedrijf Noord-Holland (PWN). Alle analyses zijn uitgevoerd volgens de in de laboratoria bestaande normen. De analyseresultaten van de ionenbalans zijn uitgedrukt in  $\text{meq.l}^{-1}$ . Het onderzoek heeft betrekking op de volgende bepalingen:

kationen:	natrium, kalium, calcium, magnesium, ammonium;		
anionen:	chloride, sulfaat, bicarbonaat, nitraat, kiezelzuur;		
overige bepalingen:			
geleidingsvermogen:	uitgedrukt in $\text{m S m}^{-1}$ bij $20^{\circ}\text{C}$ ;		
zuurgraad:	pH		
totale hardheid:	uitgedrukt in $^{\circ}\text{D}$		
bicarbonaat			
hardheid:	"	"	$^{\circ}\text{D}$
totaal ijzergehalte:	"	"	$\text{mg.l}^{-1}$

Naast de bovengenoemde bepalingen zijn voor de betreffende onderzoeksperiode de gemiddelde neerslagcijfers verzameld van de KNMI waarnemingsstations in het gebied. Deze waarnemingsstations zijn per detailgebied ingedeeld. De neerslag is gemiddeld over de stations. Gedetailleerde gegevens zijn vermeld in tabel 3 en de ligging van de waarnemingspunten is weergegeven in fig. 1.

Tabel 3. Hoeveelheid neerslag in Noord-Holland

nr. sta- tion	Waarnemings- station KNMI	zomer- halfj. 1976	winter- halfj. 76/77	zomer- halfj. 1977	jaar 1976/ 1977	winter- halfj. 77/78	zomer- halfj. 1978	jaar 1977/ 1978	winter- halfj. 78/79
Gebied A									
195	Zaandam	206	418	266	684	542	332	874	385
223	Schellingwoude	213	409	303	712	500	342	842	431
230	Zaandijk	167	367	231	598	452	314	766	394
233	Hembrug	198	419	264	683	542	328	870	373
246	Marken	201	365	319	684	451	309	760	397
254	Velzen-Oost	225	424	199	623	478	380	858	418
	gemiddeld	202	400	264	664	494	334	828	400
Gebied B									
210	Beverwijk	217	402	202	604	463	328	791	429
217	Heiloo	205	437	229	666	493	278	771	437
224	Edam	191	403	249	652	489	349	838	421
226	Wijk aan Zee	211	412	207	619	477	328	805	421
242	Purmerend	200	410	305	715	500	340	840	412
251	Westbeemster	222	456	278	734	518	305	823	378
	gemiddeld	208	420	245	665	490	321	811	416
Gebied C									
228	Schagen	248	418	284	702	478	299	777	464
234	Bergen	259	421	231	652	457	282	739	387
252	Kolhorn	220	385	268	653	434	291	725	411
	gemiddeld	242	408	261	669	456	291	747	421
Gebied D									
16	Petten	301	364	220	584	390	232	622	338
21	Callantsoog	207	455	236	691	476	263	739	438
25	De Kooy	193	415	200	615	426	257	683	376
235	Castricum	227	428	222	650	535	259	794	465
	gemiddeld	232	416	220	635	457	253	710	404
Gebied E									
227	Anna Paulowna	200	350	242	592	420	295	715	334
238	De Houkes	185	403	268	671	466	322	788	391
239	Den Oever	174	372	271	643	482	274	756	399
240	Kreileroord	185	341	286	627	435	280	715	334
	gemiddeld	186	367	267	634	451	293	744	365
Gebied F									
221	Enkhuizen	191	401	313	714	508	327	835	414
222	Hoorn	156	405	280	685	501	286	787	411
236	Medemblik	191	384	310	694	473	289	762	388
249	Hoogkarspel	153	354	322	676	437	252	689	361
	gemiddeld	173	386	306	692	480	289	769	394

## 4. VERWERKING RESULTATEN

### 4.1. B e r e k e n i n g e n

Voor het uitvoeren van verschillende berekeningen zijn de analyseresultaten eerst als basismateriaal op ponskaarten overgebracht. Voor de verwerking van de gegevens zijn een aantal programma's geschreven. De berekeningen werden uitgevoerd met behulp van een computer. De programmatuur en computerverwerking is verzorgd door het Instituut voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek (IWIS-TNO). De uitgevoerde berekeningen hebben betrekking op de in 4.1.1. en 4.1.2. genoemde onderwerpen.

#### 4.1.1. Ionenconcentraties

Van elk, bij dit onderzoek behorend monsterpunt, is uit de analysecijfers de gemiddelde concentratie, de standaardafwijking, de maximum en minimum waarde voor zowel de zomerperiode (april t/m september) als de winterperiode (oktober t/m maart) berekend. Voorts zijn de verhoudingsgetallen bepaald, welke aangeven hoeveel de afzonderlijke ionen bijdragen aan de som van kat- of anionen. Deze verhoudingsgetallen zijn verwerkt in de diagrammen van fig. 2 en 3.

Om een indruk te krijgen van het kwantitatief gegeven zijn de analyseresultaten, uitgedrukt in milligrammen per liter, omgerekend naar milliequivalenten per liter. Hiertoe zijn de volgende equivalent-gewichten gebruikt:

Kationen	meq. gewicht	Anionen	meq. gewicht
$\text{Na}^+$	23,0	$\text{Cl}^-$	35,5
$\text{K}^+$	39,1	$\text{SO}_4^{2-}$	48,0
$\text{Ca}^{2+}$	20,0	$\text{NO}_3^-$	62,0
$\text{Mg}^{2+}$	12,2	$\text{HCO}_3^-$	61,0
$\text{NH}_4^+$	18,0	$\text{SiO}_3^{2-}$	38,0



IONENDIAGRAMMEN  
oppervlaktewater  
zomer 1977 en 1978

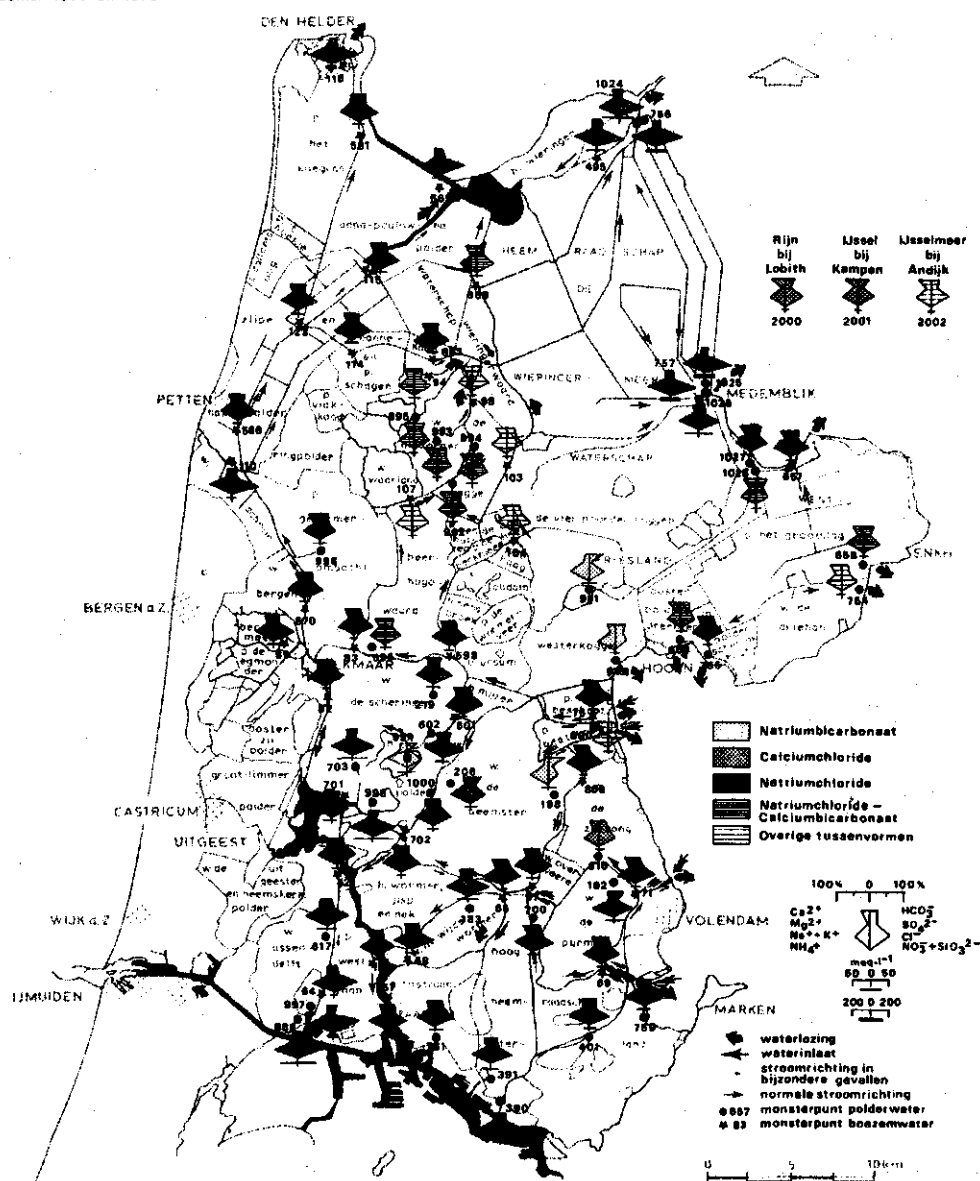


Fig. 2. Ionendiagrammen van de chemische samenstelling van boezem- en polderwateren gedurende de zomerhalfjaren 1977 en 1978

IONENDIAGRAMMEN  
oppervlaktewater  
winter 1977 - 1978 en 1978 - 1979

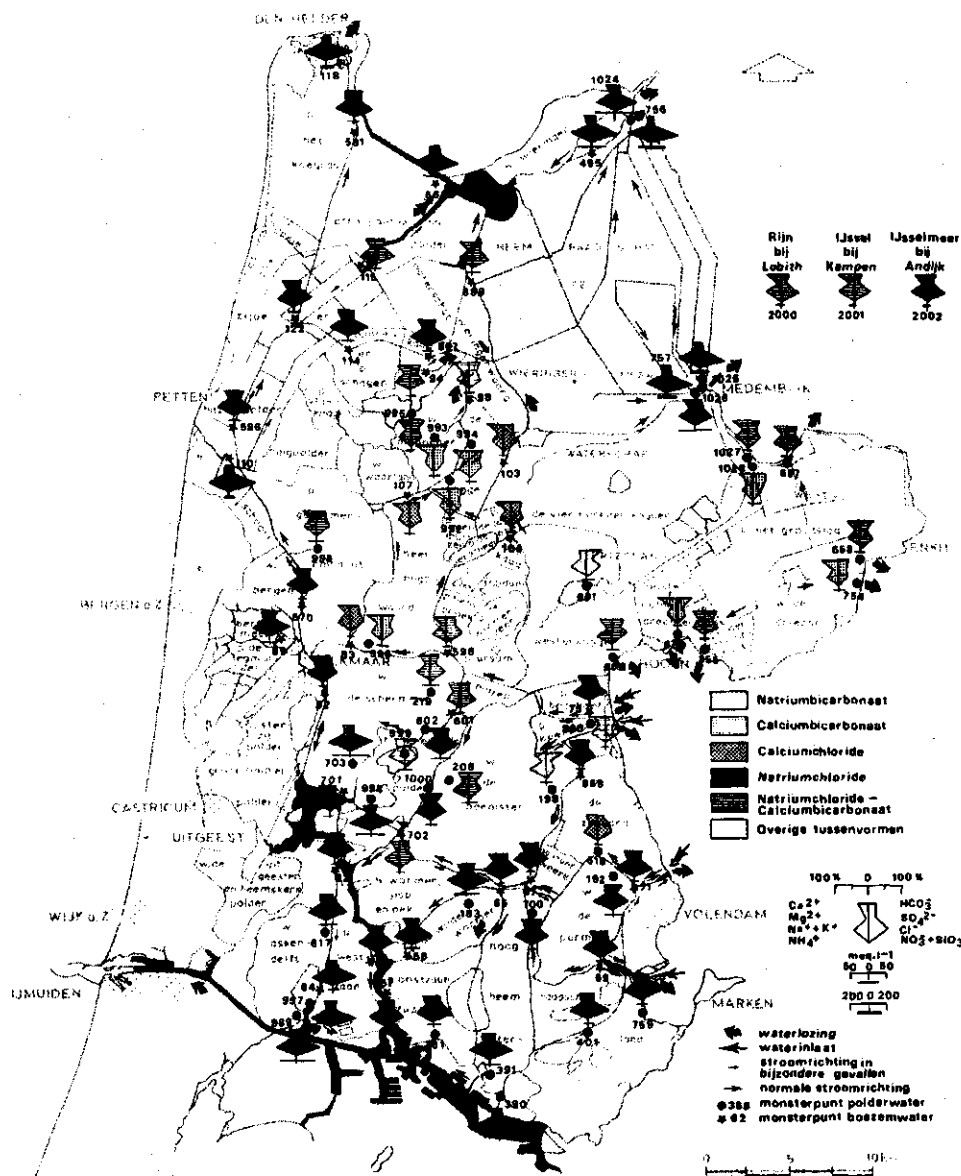


Fig. 3. Ionendiagrammen van de chemische samenstelling van boezem- en polderwateren gedurende de winterhalfjaren 1977-'78 en 1978-'79

De hardheid van het water is omgerekend tot Duitse graden ( $D^{\circ}$ ), zowel voor de bicarbonaathardheid als voor de totale hardheid.

#### 4.1.2. Correlatie en regressie

Om het verband tussen de verschillende componenten te kunnen nagaan is voor een aantal combinaties de correlatie-coëfficiënt en regressielijn berekend (bijlagen 57 t/m 67). Hiervoor is de volgende vergelijking opgesteld:

a) Regressie van Y op X waarin  $Y = A + BX$

De betekenis van de gebruikte symbolen is:

- N = aantal paren X,Y
- R = correlatiecoëfficiënt
- X gem. = gemiddelde van de X-waarden
- Y gem. = " " " Y-waarden
- B = helling van de regressielijn
- SB = spreiding van B
- A = intercept
- SA = spreiding van A

b) Regressie van Y op X waarin  $X = C + DY$

De betekenis van de gebruikte symbolen is:

- D = helling van de regressielijn
- SD = spreiding van D
- C = intercept
- SC = spreiding van C

#### 4.2. T a b e l l e n e n f i g u r e n

De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in tabellen die als bijlage zijn toegevoegd. Van elk monsterpunt zijn de waarnemingen weergegeven per zomer- en winterhalfjaar, in  $\text{mg l}^{-1}$ . In bijlage 4 t/m 22 zijn de gegevens van het boezemwater weergegeven. In bijlage 23 t/m 44 zijn de gegevens van het polderwater opgenomen. Om een indruk te krijgen van kwaliteit van het aangevoerde water zijn in bijlage 1 t/m 3 de gegevens vermeld van respectievelijk Rijn, IJssel en IJsselmeer (2000, 2001 en 2002).

Voor een aantal belangrijke punten in het onderzoeksgebied is van een aantal bepalingen het verloop tijdens de gehele bemonsteringsperiode weergegeven in bijlage 45 t/m 56. De gekozen monsterplaatsen liggen veelal in of nabij belangrijke waterlopen en zijn als zodanig min of meer representatief voor een bepaalde waterstaatkundige eenheid.

De correlatie tussen een aantal parameters wordt voor boezem- en polderwater gegeven in bijlagen 57 t/m 67. De resultaten van de correlatie- en regressieberekeningen zijn bij de figuren vermeld. Voor de betekenis van de symbolen kan worden verwezen naar 4.1.2.

#### 4.3. S t i f f d i a g r a m m e n

Om stiffdiagrammen te construeren wordt voor ieder ion de procentuele bijdrage tot de totale hoeveelheid kat- of anionen berekend, waarbij wordt uitgegaan van het aantal meq.  $l^{-1}$ .

De gevonden procentuele bijdragen, van de verschillende in het water voorkomende ionen, worden langs een aantal horizontale assen uitgezet. Verbindt men de uiteinden van de horizontale assen, dan ontstaat een karakteristieke figuur, die een beeld geeft van het watertype waarmee men te maken heeft. Met de horizontale lijn onder het diagram wordt het totaal aantal milliequivalenten weergegeven.

Met behulp van de diagrammen kunnen de veranderingen in de chemische samenstelling beter verklaard worden. In deze nota zullen de diagrammen onder andere gebruikt worden om de relatie grondwater-oppervlaktewater, en inlaatwater-boezemwater te illustreren, zodat er een beter inzicht verkregen wordt van de onderlinge beïnvloeding.

In fig. 2 is de gemiddelde bijdrage van elk ion in de zomers van 1977 en 1978, per monsterplaats weergegeven. In fig. 3 wordt hetzelfde beeld gegeven maar nu van de gemiddelde winterhalfjaren 1977/1978 en 1978/1979. Om een indruk te krijgen van het ingelaten water zijn ook diagrammen opgenomen van Rijn-, IJssel- en IJsselmeerwater.

De geleidelijke toename van de ionenconcentraties in het boezemwater wordt duidelijk geïllustreerd in fig. 4 en 5.

## 5. BESPREKING RESULTATEN

### 5.1. V e r l o o p v a n d e i o n e n c o n c e n t r a t i e

Het verloop van de ionenconcentratie van de verschillende monsterplaatsen toont aan, dat de kwaliteit van het water wordt beïnvloed door zowel externe- als interne zoutbronnen.

Bijlagen 45 t/m 56 laten het verloop zien van de som totaal ionen, het geleidingsvermogen, het chloridegehalte, de totale hardheid, de bicarbonaat hardheid en het sulfaatgehalte.

Voor het boezemwater zijn de weergegeven monsterpunten zodanig gekozen dat er een beeld wordt gegeven van de veranderingen welke zich ontwikkelen in de chemische samenstelling van het water tijdens het transport tussen het inlaatpunt en de plaats waar het water wordt uitgeslagen.

Bijlage 45 geeft het verloop van de som totaal ionen; naarmate het ingelaten water verder het gebied binnendringt, wordt de gemiddelde concentratie hoger en neemt de zomer-winter schommeling toe. Dit kan ook waargenomen worden bij de andere parameters, welke in bijlagen 46 t/m 50 zijn uitgezet. Opvallend is dat in de meeste grafieken in de winterperiode de gevonden waarden het hoogst zijn. Dit in tegenstelling tot het chloridegehalte. Hierbij komt het namelijk voor dat de concentratie in de zomer hoger is dan in de winter (zie bijl. 47).

Voor het polderwater zijn enkele karakteristieke polders eruit gelicht, de grafieken hiervan zijn samengevoegd in de bijlagen 51 t/m 56. De concentraties van de parameters in het polderwater zijn veel hoger dan in het boezemwater. De verschillen tussen de polders onderling zijn eveneens groot.

### 5.2. K w a l i t a t i e v e e n k w a n t i t a t i e v e i n t e r p r e t a t i e

De resultaten van het onderzoek kunnen zowel kwalitatief als kwantitatief worden geïnterpreteerd. De chemische samenstelling van de zouten, die in het oppervlaktewater voorkomen, kan worden uitgedrukt in stiff- c.q. ionendiagrammen. Uit de interpretatie van de stiff-diagrammen kan worden vastgesteld met welk type water we hebben te maken.

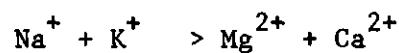
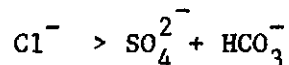
Om een uitspraak te kunnen doen over de hoeveelheid zout, worden voor de totaal in water opgeloste ionen en voor ieder ion afzonderlijk, de concentraties weergegeven.

De resultaten van het onderzoek zijn verwerkt in gemiddelde zomer- en winterhalfjaren. Voor elk monsterpunt zijn de gegevens van de zomermaanden (april t/m september) en wintermaanden (oktober t/m maart) van de jaren 1977 t/m maart 1979 gemiddeld. De op deze manier verkregen gemiddelde waarden zijn verwerkt in stiffdiagrammen en tabellen (zie 4.2 en 4.4). Het werken met bepaalde tijdvakken biedt de mogelijkheid om eventuele seizoensinvloeden na te gaan.

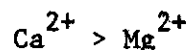
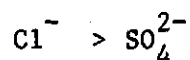
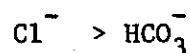
### 5.2.1. Watertypen

Aan de hand van de diagrammen zijn verschillende watertypen te onderscheiden. In het oppervlaktewater van Noord-Holland komen de volgende typen voor:

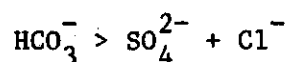
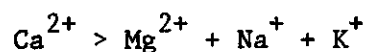
#### 1. Natriumchloride-type (NaCl)



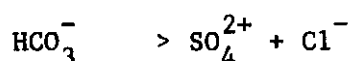
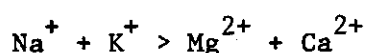
#### 2. Calciumchloride-type ( $\text{CaCl}_2$ )



#### 3. Calciumbicarbonaat-type ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ )



#### 4. Natriumbicarbonaat-type ( $\text{NaHCO}_3$ )



#### 5. Natriumchloride-Calciumbicarbonaat-type ( $\text{NaCl} - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ).

Zowel het aantal meq.  $\text{Na}^+$  als het aantal meq.  $\text{Ca}^{2+}$  is groot, echter voldoen niet aan de specifieke type-norm. Dit geldt eveneens voor het aantal meq.  $\text{Cl}^-$  en  $\text{HCO}_3^-$ . Dit type water valt onder de categorie tussenvormen, maar wordt toch extra vermeld, omdat dit type regelmatig voorkomt in het onderzoeksgebied.

Alle overige niet genoemde typen worden ondergebracht in de categorie 'overige tussenvormen'. Deze term 'overige tussenvormen' wordt als type aanduiding gebruikt voor die punten waarbij geen uitschieters voorkomen of het type komt maar één keer voor in het onderzoeksgebied.

In fig. 2 en 3 zijn de diagrammen op kaarten geprojecteerd, zowel voor de monsterpunten in het boezemwater als voor de punten in het polderwater. In fig. 2 wordt de situatie weergegeven als gemiddelden over de zomers 1977 en 1978, in fig. 3 als gemiddelden over de winters '77/'78 en '78/'79. Ter vergelijking zijn tevens de ionendiagrammen van de Rijn bij Lobith en de IJssel bij Kampen weergegeven. Het watertype van de Rijn blijkt gelijk te zijn aan dat van de IJssel; voor de zomer een calciumchloride-type en in de winter een natriumchloride-calciumbicarbonaat type. Kennelijk wordt weinig of geen sterk verontreinigd water geloosd op de IJssel, waardoor de kwaliteit nauwelijks veranderd. De samenstelling van het IJsselmeerwater bij Andijk vertoont een gering verschil met dat van het IJsselwater. De bijdrage van sulfaat wordt groter, die van bicarbonaat kleiner. Dit is eveneens waargenomen in het boezemwater van Noord-Holland.

Voor de peilbeheersing en doorspoeling van de boezem, is Noord-Holland aangewezen op het IJsselmeer. De belangrijkste inlaatpunten zijn Lutje Schardam, Edam en Monnikendam, respectievelijk monsterpunten

75, 71 en 69 (zie fig. 1). Vooral in de zomer wordt het watertype van het inlaatwater tot ver landinwaarts, in de boezem aangetroffen. Bij een gelijk blijvende doorspoelingsfrequentie, moet dit een gevolg zijn van kleinere hoeveelheden geloosd polderwater. Dat is begrijpelijk want 's zomers is er een verdampingsoverschot zodat de meeste polders extra water moeten inlaten. Uitzonderd enkele kwelpolders waar zowel 's zomers als 's winters water uitgeslagen wordt.

Het overgrote deel van het boezemwater van Noord-Holland behoort in de gemiddelde zomer tot het natriumchloride-type. Een uitzondering hierop vormt het gebied tussen Heerhugowaard en Kolhorn en geheel Westfriesland, hier wordt naast natrium en chloride ook veel calcium, bicarbonaat en sulfaat in het boezemwater aangetroffen (bijvoorbeeld monsterpunten 98, 103, 104 en 107). Een overeenkomstig watertype wordt ook gevonden in de polders van dit deel van het onderzoeksgebied.

Ten zuiden van de lijn Alkmaar-Hoorn heeft het natriumchloride-type duidelijk de overhand in zowel polder- als boezemwater. Dichter bij het Noordzeekanaal wordt het natriumchloride aandeel in de ionenbalans groter. Uitzonderingen hierop vormen de Beemster en de Noordeindermeerpolder (resp. monsterpunten 198 en 999) hier wordt de grootste bijdrage geleverd door natriumbicarbonaat. Eveneens in de polders Zeevang en Beetskoog, is de samenstelling van het polderwater afwijkend, de bijdrage van calcium en vooral sulfaat is hoog. De oorzaak van het afwijkende type moet gezocht worden in de interne belasting van het oppervlaktewater.

Uit fig. 3 blijkt dat in de winter het watertype van het boezemwater weinig verandert ten opzichte van inlaatwater. Wel is duidelijk dat de monsterpunten in de boezem, die dicht bij de lozingspunten van de polders liggen, worden beïnvloed door het uitgeslagen water. In het polderwater komt het verschil in watertype tussen polders onderling veel duidelijker naar voren dan in het boezemwater. Over het algemeen wordt de bijdrage van calcium, bicarbonaat en sulfaat groter, als gevolg van onder andere uitspoeling van ionen uit de bodem door de overtollige neerslag en kwel. Deze verschuiving vindt met name plaats in Westfriesland en het gebied ten westen hiervan.



Het polderwater van de Wieringermeer wordt duidelijk gekenmerkt door natriumchloride, zowel in de zomerperiode als in de winterperiode. De oorzaak moet hier worden gezocht in de sterke kwel die in deze polder optreedt.

#### 5.2.2. Kwantitatieve resultaten

In bijlage 4 tot en met 44 zijn de analyseresultaten voor elke monsterplaats per zomer- en winterhalfjaar kwantitatief weergegeven. Voor de afzonderlijke bepalingen zijn, naast de gemiddelden eveneens de maximum- en minimumwaarde en de standaardafwijking berekend. De spreiding ten opzichte van het gemiddelde blijkt voor de meeste bepalingen in het boezemwater gering te zijn. Indien een ion in een hoge concentratie aanwezig is, gaat dit gepaard met een grotere standaardafwijking. De schommelingen in de ionengehalten per monsterpunt is in de winter groter dan in de zomer.

In het polderwater is de ionenconcentratie-verandering, zowel in het zomer- als in het winterhalfjaar groter dan bij het boezemwater. Dit is vermoedelijk een gevolg van de minder intensieve menging met water van een andere samenstelling, terwijl de verschillen onderling ondermeer kunnen worden toegeschreven aan het verschil in grondgebruik, hydrologische gesteldheid en lozing van afvalwater. De bemestingstoestand zou mogelijk hierop ook van invloed kunnen zijn, omdat dan de overvloedige zouten (ionen) via drainage naar het oppervlaktewater worden afgevoerd.

In tabel 4 zijn de bijdragen van de ionen over de monsterplaatsen per gebied gemiddeld. Ter vergelijking zijn tevens de resultaten van het IJsselmeerwater opgenomen.

Bij een nadere beschouwing van tabel 4 kan in de zomerperiode een goede overeenkomst gevonden worden tussen het ingelaten water en het boezemwater in Noord-Holland. Bij de kationen zien we een geringe toename van de natrium bijdrage. De bijdrage van calcium neemt echter iets af. Bij de anionen wordt de procentuele bijdrage van chloride kleiner terwijl die voor sulfaat en bicarbonaat toeneemt. Een vergelijking van de procentuele bijdrage van de afzonderlijke ionen laat in de verschillende detailgebieden een geringe schommeling zien.

Tabel 4. Bijdrage van de kat- en anionen tot de ionenbalans in gemiddelde zomer en winter (1977 t/m 1979) uitgaande van het aantal meq. l<sup>-1</sup>

Boezemwater												
	IJsselmeer		gebied A		gebied B		gebied C		gebied D*		gebied E	
	zomer wintr.		zomer wintr.		zomer wintr.		zomer wintr.		zomer wintr.		zomer wintr.	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Na <sup>+</sup>	46,3	49,1	57,1	52,0	51,1	45,6	53,8	45,8	51,7	47,4	58,7	54,5
K <sup>+</sup>	1,9	1,9	2,0	2,2	2,2	2,2	2,7	2,4	2,8	3,1	1,9	1,8
Ca <sup>2+</sup>	34,3	37,0	24,1	27,8	30,2	35,0	26,6	34,4	29,0	32,8	23,1	28,1
Mg <sup>2+</sup>	12,0	12,0	16,7	17,5	16,5	16,3	16,8	17,0	16,5	16,1	16,3	15,3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,6	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,3
Cl <sup>-</sup>	63,2	57,4	64,4	56,9	57,7	48,8	62,1	51,4	57,8	52,1	71,4	65,9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,1	1,9	0,0	0,9	0,0	1,2	0,0	0,9	0,6	1,0	0,4	0,9
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	21,1	18,5	20,8	23,6	26,3	25,9	20,9	21,7	21,4	20,8	16,6	18,7
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	14,7	21,3	14,4	16,9	16,8	22,2	16,5	23,6	19,7	24,0	11,2	13,0
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0,0	0,9	0,5	1,8	0,0	1,8	0,5	2,4	0,6	2,6	0,4	1,5

Polderwater				
	gebied E		gebied F	
	zomer wintr.		zomer wintr.	
	%	%	%	%
Na <sup>+</sup>	67,9	63,5	48,7	36,9
K <sup>+</sup>	1,0	1,0	3,2	2,8
Ca <sup>2+</sup>	16,3	20,5	30,5	42,6
Mg <sup>2+</sup>	14,7	14,7	16,9	16,5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,1	0,2	0,6	1,1
Cl <sup>-</sup>	82,2	77,2	48,0	35,2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,3	0,3	0,0	1,7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9,1	13,6	18,9	24,4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7,9	8,1	31,8	35,2
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0,5	0,8	1,4	3,4

D\* detailgebied D zonder monsterpunt 118

In het boezemwater van alle detailgebieden wordt de bijdrage van calcium en bicarbonaat in de winter groter, de bijdrage van natrium en chloride neemt daarentegen af. Dit wordt veroorzaakt door de grote hoeveelheden polderwater, die vanwege het neerslagoverschot op de boezem worden geloosd. Het geloosde polderwater is relatief rijker aan calcium en bicarbonaat en armer aan chloride en natrium. Hierdoor ontstaat dan een verschuiving van de ionensamenstelling in het boezemwater. Voor meer gedetailleerde gegevens kan worden verwezen naar tabel 4.

Van de gebieden E en F (respectievelijk Wieringermeer en Westfriesland) is de gemiddelde bijdrage berekend van de waarnemingen van de monsterpunten in het polderwater. In het gebied E is, als gevolg van de optredende kwel een grote bijdrage van natrium en chloride te zien. Het gebied F laat afwisselend kwel- en infiltratiepolders zien. Hier leveren dan ook de calcium- en bicarbonaationen een belangrijke bijdrage.

Tenslotte zijn in tabel 5 de ionenconcentraties met de maximum- en minimumgrenzen, gemiddeld over de de monsterplaatsen per gebied, voor de gemiddelde zomer en winter opgenomen. Ter vergelijking zijn tevens de analyseresultaten van het IJsselwater, het IJsselmeerwater en het inlaatwater (gemiddelde van de inlaatpunten 69, 71 en 75) vermeld. Er dient te worden opgemerkt, dat hiermee slechts een globale indruk wordt verkregen. Plaatselijk wijken de resultaten aanzienlijk van het gemiddelde af zoals reeds uit gedetailleerde gegevens is gebleken.

Om een aanvaardbaar gebiedsgemiddelde te krijgen, was het noodzakelijk enkele correcties aan te brengen. In de detailgebieden C en D liggen respectievelijk de monsterpunten 110 en 118. Deze punten hebben een uitzonderlijk hoge NaCl-concentratie. Daardoor wordt de gemiddelde concentratie in deze gebieden sterk beïnvloed. De oorzaak van deze sterke afwijkingen moet gezocht worden in de locatie van de beide punten. Zo ligt monsterpunt 118 in de haven van Den Helder, hier treedt vooral in de zomer veel lek- en schutwater het Noordhollandskanaal binnen. Monsterpunt 110 ligt in een zijtak van het Noordhollandskanaal ter hoogte van de Hondsbosse zeewering, zoals bekend ontbreken hier de duinen. In het achterliggend gebied treedt

Tabel 5. Analyse resultaten van het oppervlaktewater in Noord-Holland  
Gemiddeld per zomer- en winterhalfjaar (1977 t/m 1979) over alle monsterplaatsen in het Boezemwater

	Rijnwater				IJsselwater				Inlaatwater				Gebied A										
	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter							
	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.							
Na meq.l. <sup>-1</sup>	4,3	2,7	4,5	6,9	2,9	4,1	8,3	2,4	4,5	7,0	2,4	6,8	8,4	5,7	6,9	8,9	4,1	11,6	29,0	6,0	11,6	38,2	5,5
K <sup>+</sup>	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,8	0,3	0,3	0,5	0,3
Ca <sup>2+</sup>	4,1	3,5	4,3	4,8	3,7	4,0	5,2	3,4	4,3	5,2	3,9	4,1	5,0	3,3	4,8	9,4	3,6	4,9	7,4	3,6	6,2	10,2	3,6
Mg <sup>2+</sup>	1,0	1,5	1,0	1,2	0,7	1,0	1,2	0,8	1,0	1,5	0,7	2,2	2,6	2,0	2,4	3,5	1,7	3,4	8,4	1,9	3,9	8,6	1,8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,4	0,0
Cl <sup>-</sup>	4,9	8,8	3,1	5,3	8,0	3,3	4,8	9,3	2,8	5,3	8,3	2,8	7,5	9,0	6,5	7,6	9,8	4,5	13,0	33,0	6,7	12,8	43,9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,6	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,6	2,4	1,1	1,7	2,2	1,2	1,6	2,4	1,2	1,8	2,4	1,3	3,6	4,2	2,8	4,0	6,5	2,9	4,2	7,8	2,9	5,3	12,3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,6	2,9	2,3	2,6	2,9	2,2	2,4	2,9	0,3	2,7	3,0	2,1	2,0	2,8	1,4	2,6	4,8	2,0	2,9	4,6	1,7	3,8	7,5
SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,3	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,8	0,0	0,1	0,3	0,0	0,4	0,8	0,0
Som katio- nen	9,7	10,1				9,4			10,1			13,4			14,5			20,3			22,3		
Som anionen	9,4	10,1				9,2			10,3			13,1			14,4			20,2			22,5		
gel.ver- wogen	89	137	64	97	129	72	89	139	63	96	132	64	127	147	109	133	174	102	190	418	113	201	493
pH	7,5	7,3	7,6	7,5	7,6	7,3	7,6	7,7	7,4	7,5	7,7	7,0	8,3	8,7	7,7	8,1	8,7	7,4	7,9	8,8	7,3	7,8	8,9
D <sup>+</sup> tot. hardheid	37	40	33	42	47	38	37	40	34	42	47	37	18	21	15	20	34	15	23	44	15	28	47
D <sup>+</sup> bic. hardheid	7	8	7	7	8	6	8	8	7	7	8	6	6	8	4	7	14	6	8	13	5	11	21
Na <sup>+</sup> mg.l. <sup>-1</sup>	75	98	63	103	159	66	74	100	57	104	162	56	157	192	132	159	205	95	267	666	139	266	878
K <sup>+</sup>	6	7	5	79	13	5	6	7	5	8	12	6	12	14	11	13	16	10	17	32	11	18	36
Ca <sup>2+</sup>	76	84	69	87	99	74	75	82	68	87	91	78	82	100	66	95	188	73	97	148	72	123	204
Mg <sup>2+</sup>	10	13	9	12	15	9	12	14	10	12	18	8	26	31	24	29	42	20	41	103	23	48	104
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1	1	0	1	3	1	1	1	0	1	3	1	0	1	0	1	7	0	0	1	0	2	6
Cl <sup>-</sup>	134	174	110	188	284	117	131	174	99	188	294	99	272	320	231	271	348	160	461	1172	238	455	1558
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15	19	12	19	21	16	16	19	14	21	27	18	3	7	0	7	35	0	3	13	0	13	37
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	64	68	52	83	104	58	63	74	52	88	114	61	171	203	136	192	314	110	199	372	141	253	590
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	160	176	142	159	177	135	164	174	147	161	181	130	123	170	83	160	308	119	175	278	101	232	458
SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	5	7	4	8	9	5	5	7	3	8	10	6	1	3	0	7	30	0	3	13	0	15	33
totaal	546	739				547			678			847			934			1263			1425		

Vervolg tabel 5.

Boezemwater																		
	gebied B			gebied C			detailgebied C*											
	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter										
	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.								
Na <sup>+</sup> meq. l <sup>-1</sup>	7,1	10,1	5,7	7,3	11,3	3,7	9,9	46,3	3,8	9,7	58,1	2,6	7,0	13,8	3,8	6,8	14,6	2,6
K <sup>+</sup>	0,3	0,6	0,3	0,4	0,5	0,3	0,5	2,6	0,3	0,5	1,5	0,3	0,4	0,8	0,3	0,5	1,0	0,3
Ca <sup>2+</sup>	4,2	7,7	3,2	5,6	10,8	3,6	4,9	9,5	3,5	7,3	12,2	3,7	4,8	9,5	3,5	7,2	12,2	3,7
Mg <sup>2+</sup>	2,3	3,3	1,9	2,6	4,1	1,7	3,1	11,9	1,9	3,6	15,0	1,7	2,5	4,4	1,9	2,9	4,9	1,7
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,0	0,1	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,5	0,0
Cl <sup>-</sup>	7,9	10,5	6,4	7,9	12,5	3,9	11,3	55,5	4,2	10,9	69,6	3,0	7,8	15,5	4,2	7,4	17,2	3,0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0	0,3	0,0	0,2	1,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	1,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	1,1	0,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3,6	4,7	2,8	4,2	7,7	2,3	3,8	7,3	1,8	4,6	8,3	1,5	3,5	5,4	1,8	4,4	8,0	1,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,3	5,6	1,3	3,6	8,0	1,9	3,0	6,8	1,6	5,0	8,3	1,8	2,9	6,8	1,6	5,1	8,3	2,0
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0,0	0,5	0,0	0,3	0,9	0,0	0,1	0,7	0,0	0,5	1,0	0,0	0,1	0,7	0,0	0,5	1,0	0,0
Som kationen	13,9			16,0			18,4			21,2			14,7			17,5		
Som anionen	13,8			16,2			18,2			21,2			14,3			17,6		
gel. vermogen	131	174	109	144	219	102	170	624	109	185	749	108	135	224	109	152	250	108
pH	8,2	8,7	7,5	8,0	8,7	6,5	8,1	9,4	7,4	8,0	9,5	7,4	8,4	9,4	7,4	8,0	9,5	7,4
D* tot. hardheid	18	31	15	23	40	13	23	54	16	30	55	15	20	36	16	28	44	15
D* bic. hardheid	7	16	4	10	23	5	8	19	5	14	23	5	8	19	5	14	23	5
Na <sup>+</sup> mg. l <sup>-1</sup>	164	232	132	169	260	86	227	1064	87	220	1335	60	161	317	87	154	352	60
K <sup>+</sup>	13	18	10	14	21	10	18	103	10	21	60	10	15	34	10	18	40	10
Ca <sup>2+</sup>	85	154	64	111	216	73	99	180	70	145	244	70	95	191	70	145	244	70
Mg <sup>2+</sup>	28	40	23	32	50	20	38	146	23	43	183	20	30	54	23	35	60	20
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	1	0	2	7	0	1	7	0	2	10	0	0	7	0	2	10	0
Cl <sup>-</sup>	281	373	227	282	444	138	399	1970	149	430	2471	107	276	550	149	266	611	107
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3	21	0	12	66	0	3	27	0	15	71	0	3	27	0	15	71	0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	171	227	134	202	369	110	170	352	85	219	383	171	169	260	85	211	383	171
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	142	342	81	217	489	118	182	414	97	304	508	107	179	414	97	312	508	124
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	2	18	0	10	38	0	4	28	0	19	36	0	4	28	0	19	36	0
totaal	889			1051			1143			1418			932			1177		

C\* = detailgebied C zonder monsterpunt 110

Vervolg tabel 5.

	Boezemwater detailgebied D*				Boezemwater gebied E													
	zomer		winter		zomer		winter											
	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.										
Na <sup>+</sup> meq.l <sup>-1</sup>	9,1	15,6	7,2	9,1	18,1	4,4	14,4	70,9	7,2	14,0	70,0	4,4	15,5	34,8	5,5	18,2	37,3	3,5
K <sup>+</sup>	0,5	0,7	0,3	0,6	0,8	0,4	0,6	1,7	0,3	0,7	2,0	0,4	0,5	1,1	0,3	0,6	1,0	0,3
Ca <sup>2+</sup>	5,1	8,6	3,6	6,3	9,8	4,1	5,3	8,6	3,6	6,5	11,0	4,1	6,1	11,2	2,6	9,4	12,5	4,9
Mg <sup>2+</sup>	2,9	4,9	2,2	3,1	5,4	1,9	4,1	16,1	2,2	4,1	15,0	1,9	4,3	9,8	1,7	5,1	9,0	2,3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,0	0,2	0,0	0,1	0,4	0,0	0,1	0,7	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
Cl <sup>-</sup>	10,0	18,0	7,8	10,0	20,8	4,7	16,1	78,3	7,8	15,7	82,4	4,7	18,5	42,8	5,8	21,8	43,4	4,2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,3	0,0	0,2	0,6	0,0	0,1	0,3	0,0	0,2	0,6	0,0	0,1	0,3	0,0	0,3	0,7	0,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3,7	5,5	2,9	4,0	7,2	2,5	4,4	13,4	2,9	4,7	11,2	2,5	4,3	6,9	2,0	6,2	9,7	3,7
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,4	6,0	2,0	4,6	8,3	2,7	3,4	5,9	2,0	4,7	8,3	2,7	2,9	6,6	1,0	4,3	7,7	2,3
SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,5	0,0	0,5	0,9	0,1	0,2	0,8	0,0	0,5	0,9	0,1	0,1	0,6	0,0	0,5	0,9	0,1
som kationen	17,6			19,2			24,5			25,4			26,4			33,4		
som anionen	17,3			19,3			24,2			25,8			25,9			33,1		
gel. vermogen	162	255	131	171	299	108	224	850	131	232	891	108	245	514	113	297	487	124
pH	8,2	9,3	7,3	8,0	8,9	7,3	8,1	9,3	7,3	8,0	8,9	7,3	8,6	9,2	7,9	8,1	8,7	7,0
D* tot.hardheid	23	38	17	26	39	18	26	66	17	30	67	18	29	56	12	41	56	23
D* bic.hardheid	10	17	6	13	19	7	10	17	6	13	23	7	8	19	3	12	22	7
Na <sup>+</sup> mg.l <sup>-1</sup>	209	358	166	209	416	102	332	1630	166	323	1610	102	356	800	126	406	858	81
K <sup>+</sup>	19	29	13	22	32	16	24	65	13	27	79	16	21	43	12	22	37	12
Ca <sup>2+</sup>	102	172	72	125	196	83	106	172	72	131	219	83	187	204	52	189	250	98
Mg <sup>2+</sup>	35	60	27	38	66	23	50	197	27	51	183	23	53	119	21	62	109	28
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1	3	0	2	6	0	1	12	0	2	6	0	0	0	0	1	3	0
Cl <sup>-</sup>	354	639	281	356	738	167	571	2780	281	559	2925	167	656	1519	206	775	1541	149
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4	17	0	12	38	0	4	17	0	12	38	0	3	19	0	16	44	0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	177	266	141	193	347	120	210	641	141	225	538	120	205	333	97	296	464	178
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	203	363	120	280	509	162	203	363	120	284	509	162	178	404	60	260	468	142
SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	6	20	0	17	32	4	6	20	0	17	32	4	8	24	0	18	34	3
totaal	1110			1254			1507			1631			1667			2045		

D\* = detailgebied D zonder monsterpunt 118

door overdruk, zout grondwater via de ondergrond het gebied binnen. Door onvoldoende doorspoeling van de boezemzijtak vindt er ophoping van zouten plaats. In tabel 5 geven C\* en D\* de gebiedsgemiddelden aan zonder de punten 110 en 118.

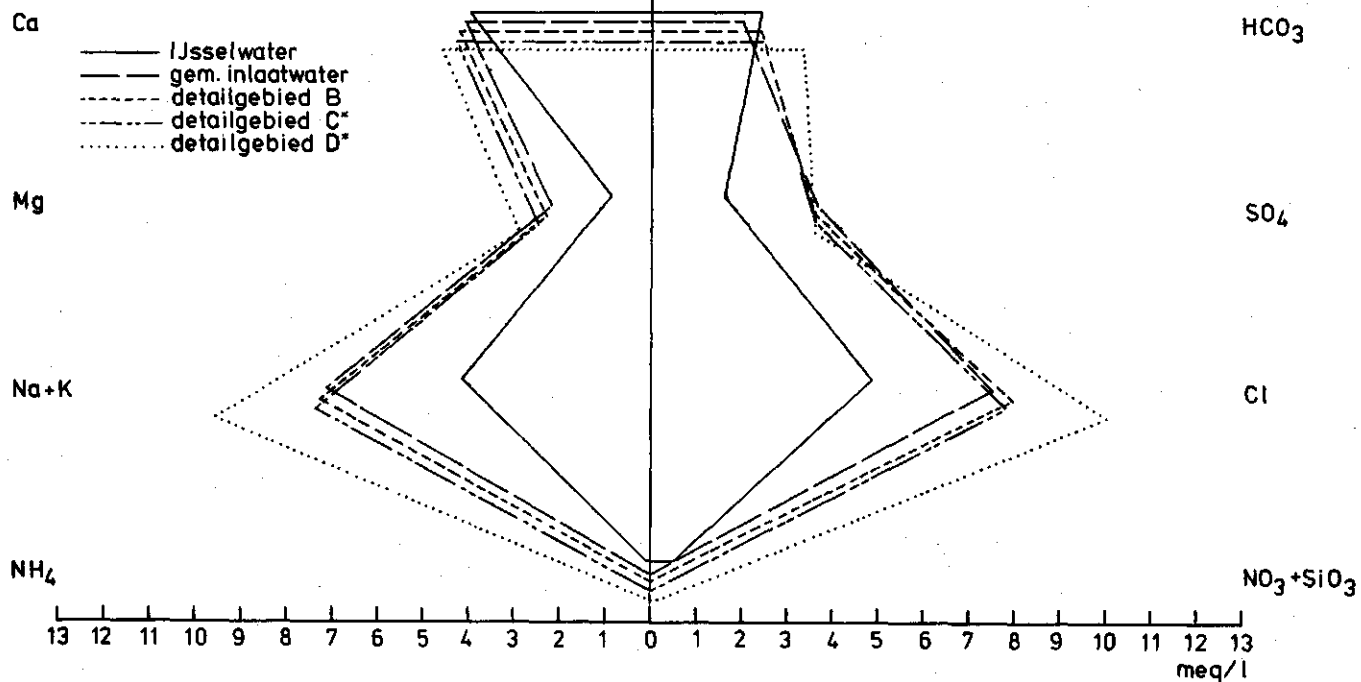
Uit de resultaten blijkt, dat het totale zoutgehalte in het boezemwater, uitgedrukt in  $\text{meq.l}^{-1}$  en  $\text{mg.l}^{-1}$ , in de winter duidelijk hoger is dan in de zomer. Bij het polderwater (tabel 6) komt dit verschil minder duidelijk naar voren. De verklaring hiervoor is, dat in de zomer zouten in de grond en in het polderwater wordt geborgen. Deze zouten worden in de winter weer uitgespoeld en daarna op de boezem geloosd. Dit is een gevolg van het neerslagtekort in de zomer, en het neerslagoverschot in de winter. Genoemde resultaten komen overeen met die van TOUSSAINT (1972). Het totale zoutgehalte van het boezemwater neemt binnen het gebied van Noord-Holland toe en is gemiddeld hoger dan het inlaatwater. Kennelijk worden tijdens het transport een groot aantal ionen opgenomen die via interne zoutbronnen in het boezemwater terecht zijn gekomen.

Getracht is dit te illustreren aan de hand van de ionen-diagrammen zoals te zien in de figuren 4 en 5. De diagrammen drukken de concentratie uit in  $\text{meq.l}^{-1}$ , waardoor duidelijk het concentratieverloop te zien is. Fig. 4a geeft het gemiddelde verloop weer van de ionenconcentratie vanaf de IJssel bij Kampen door de detailgebieden B, C en D in de zomer, in fig. 4b wordt de wintersituatie weergegeven. Opvallend is hier dat de concentraties in de zomer dichter bij elkaar liggen dan in de winter. De verandering in concentratie is in de zomerperiode zeer gering voor alle parameters. In detailgebied D ontstaat echter een progressieve toename van  $\text{Na}^+$  en  $\text{Cl}^-$ . In de winter is er meer variatie. Het uitgeslagen polderwater beïnvloedt hier duidelijk het beeld in de boezem. Het diagram behorend bij detailgebied C wijkt hier af van de overige diagrammen. De concentratie van de Na en Cl-ionen loopt iets terug, terwijl de concentratie van de Ca en  $\text{HCO}_3^-$ -ionen sterk toeneemt.

	gebied A				gebied B				gebied C				gebied E				gebied F													
	zomer	max.	min.	gem.	winter	zomer	max.	min.	gem.	winter	zomer	max.	min.	gem.	winter	zomer	max.	min.	gem.	winter	zomer	max.	min.	gem.	winter	zomer	max.	min.	gem.	
Na <sup>+</sup> meq.l <sup>-1</sup>	18,5	52,6	6,5	17,6	52,2	4,0	16,3	45,2	4,4	14,6	47,8	1,6	7,0	10,4	3,8	6,0	10,5	1,8	65,9	143,0	19,0	62,2	146,7	19,1	7,5	17,2	3,0	6,5	15,7	2,4
K <sup>+</sup>	0,6	1,6	0,3	0,6	1,1	0,3	0,7	1,2	0,3	0,7	1,3	0,3	0,5	0,8	0,3	0,5	0,9	0,3	1,0	2,1	0,6	1,0	2,8	0,0	0,5	1,4	0,2	0,5	1,4	0,3
Ca <sup>2+</sup>	6,2	11,5	3,6	7,1	13,9	2,6	5,3	9,3	3,4	7,4	15,2	2,0	6,0	10,6	3,9	9,1	13,8	0,1	15,8	29,8	6,8	20,1	30,5	8,2	4,7	8,3	3,6	7,5	12,3	4,0
Mg <sup>2+</sup>	4,8	11,0	2,0	5,0	10,3	1,7	4,4	9,8	1,8	4,3	11,4	0,9	2,9	4,8	2,0	3,1	5,9	1,2	14,3	30,0	5,1	14,4	32,3	5,5	2,6	7,8	1,1	2,9	8,5	1,3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0	1,0	0,0	0,2	0,7	0,0	0,2	0,9	0,0	0,3	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,5	0,0	0,1	0,4	0,0	0,2	0,9	0,0	0,1	0,6	0,0	0,2	1,7	0,0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	21,1	63,1	7,0	19,9	61,2	3,8	15,6	48,7	4,0	13,7	50,3	1,2	7,5	11,2	3,8	6,1	11,2	1,8	78,7	173,6	19,8	75,0	184,8	19,6	7,1	14,4	2,6	6,2	14,9	1,7
Cl <sup>-</sup>	0,0	0,3	0,0	0,2	0,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	1,4	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	1,0	0,0	0,3	10,0	0,0	0,3	0,7	0,0	0,0	0,5	0,0	0,3	0,8	0,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4,2	8,5	1,6	5,6	14,0	2,2	3,2	7,9	0,4	4,7	9,6	1,0	4,2	9,4	2,0	5,2	9,4	0,3	8,7	18,6	3,0	13,2	20,1	4,0	2,8	5,5	0,2	4,3	10,6	0,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,3	10,5	1,7	4,5	13,0	1,6	7,1	17,2	0,0	7,6	16,0	1,6	4,3	7,5	1,9	6,6	10,2	3,1	7,6	10,4	0,0	7,9	12,0	5,6	4,7	14,9	1,2	6,2	15,0	2,3
SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,2	1,2	0,0	0,5	1,6	0,0	0,4	1,5	0,0	0,8	1,5	0,0	0,2	0,7	0,0	0,8	1,4	0,2	0,5	0,9	0,2	0,8	1,1	0,1	0,2	0,9	0,0	0,6	1,3	0,0
som kationen	30,1			30,5			26,9			27,3		16,4				18,8			97,1			97,9			15,4			17,6		
som anionen	29,8			30,7			26,3			27,0		16,2				19,0			95,8			97,2			14,8			17,6		
geel.vermogen	274	670	119	273	700	87	237	557	103	238	620	47	145	220	108	158	236	67	1084	1660	295	836	1850	144	137	270	90	149	251	86
pH	8,2	9,2	7,4	7,8	8,7	7,1	8,2	9,2	7,3	8,0	8,9	7,0	8,2	9,1	7,5	8,0	9,2	7,3	8,0	8,7	7,4	7,7	8,4	7,0	8,3	9,4	7,4	8,0	8,9	7,3
D <sup>+</sup> tot.hardheid	31	64	16	35	67	12	27	48	15	33	64	8	26	54	16	34	49	10	87	164	32	99	167	40	21	34	14	29	43	17
D <sup>+</sup> bic.hardheid	12	29	5	13	36	5	20	48	0	21	47	5	12	21	5	19	29	9	21	29	0	22	34	16	13	42	3	17	42	6
Na <sup>+</sup> mg.l <sup>-1</sup>	425	1210	150	405	1200	92	375	1040	100	335	1100	36	161	240	87	137	242	41	1515	3290	437	1432	3375	440	172	396	69	140	360	54
K <sup>+</sup>	24	62	11	23	44	11	26	48	11	24	49	11	19	32	11	19	35	13	41	80	23	38	109	3	19	53	9	20	54	11
Ca <sup>2+</sup>	123	246	73	142	277	51	102	186	67	148	303	40	123	199	77	180	276	2	315	595	136	416	610	163	95	165	75	149	245	80
Mg <sup>2+</sup>	59	134	24	61	125	20	54	119	21	53	139	11	35	59	24	38	72	14	174	366	62	176	394	67	31	95	16	11	104	16
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1	18	0	3	13	0	3	162	0	5	16	0	0	3	0	2	8	0	1	6	0	3	17	0	2	11	0	4	30	0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	748	2240	249	706	2173	135	553	1729	142	502	1786	43	264	398	135	215	398	64	2795	6163	703	2661	6560	696	252	511	92	220	529	60
Cl <sup>-</sup>	3	18	0	10	40	0	3	27	0	13	87	1	2	14	0	17	59	0	14	621	0	16	45	0	3	34	0	20	52	0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	200	410	74	267	672	108	155	380	20	225	589	48	218	450	96	249	451	13	418	892	146	634	964	190	141	297	10	200	509	24
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	261	638	102	276	793	97	436	1047	2	462	1024	98	262	459	116	406	551	190	461	636	1	480	731	339	287	908	74	180	913	138
SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	8	46	0	19	60	2	14	58	0	25	58	1	8	26	0	30	53	9	19	32	0	31	38	3	7	33	0	21	48	0
totaal	1852			1912			1721			1792		1092				1293			5753			5887		1009				1201		



totaal zoutanalyse boezemwater  
gemiddelde zomerperiode 1977 t/m 1979



totaal zoutanalyse boezemwater gemiddelde winterperiode 1977 t/m 1979

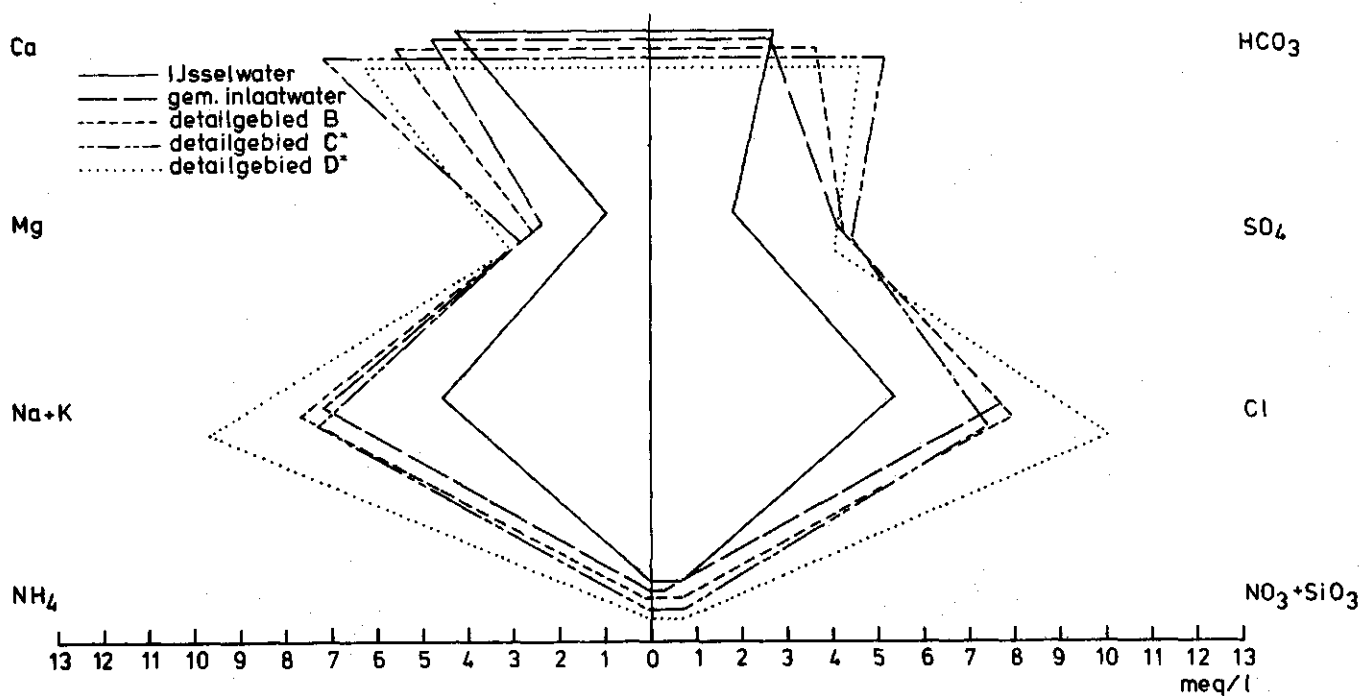
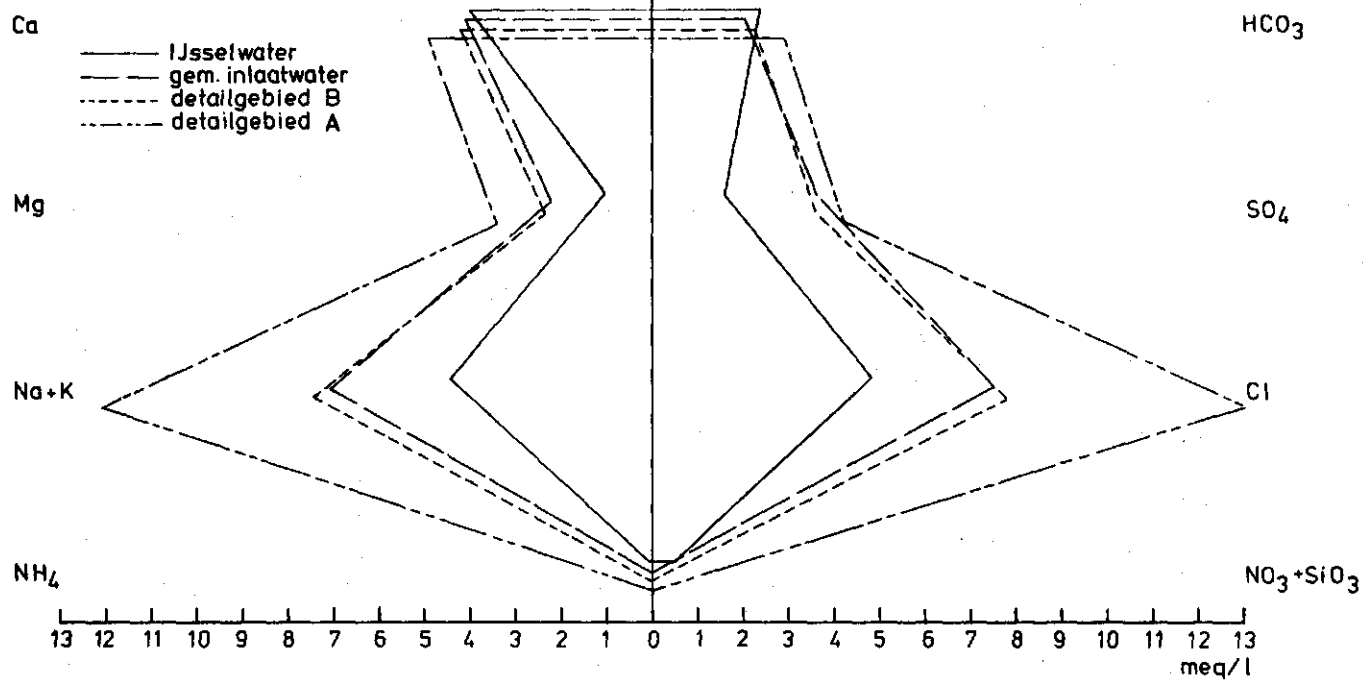


Fig. 4 a en b. Stiffdiagrammen van het boezemwater per detailgebied  
van de IJssel naar Den Helder

totaal zoutanalyse boezemwater  
gemiddelde zomerperiode 1977 t/m 1979



totaal zoutanalyse boezemwater gemiddelde winterperiode 1977 t/m 1979

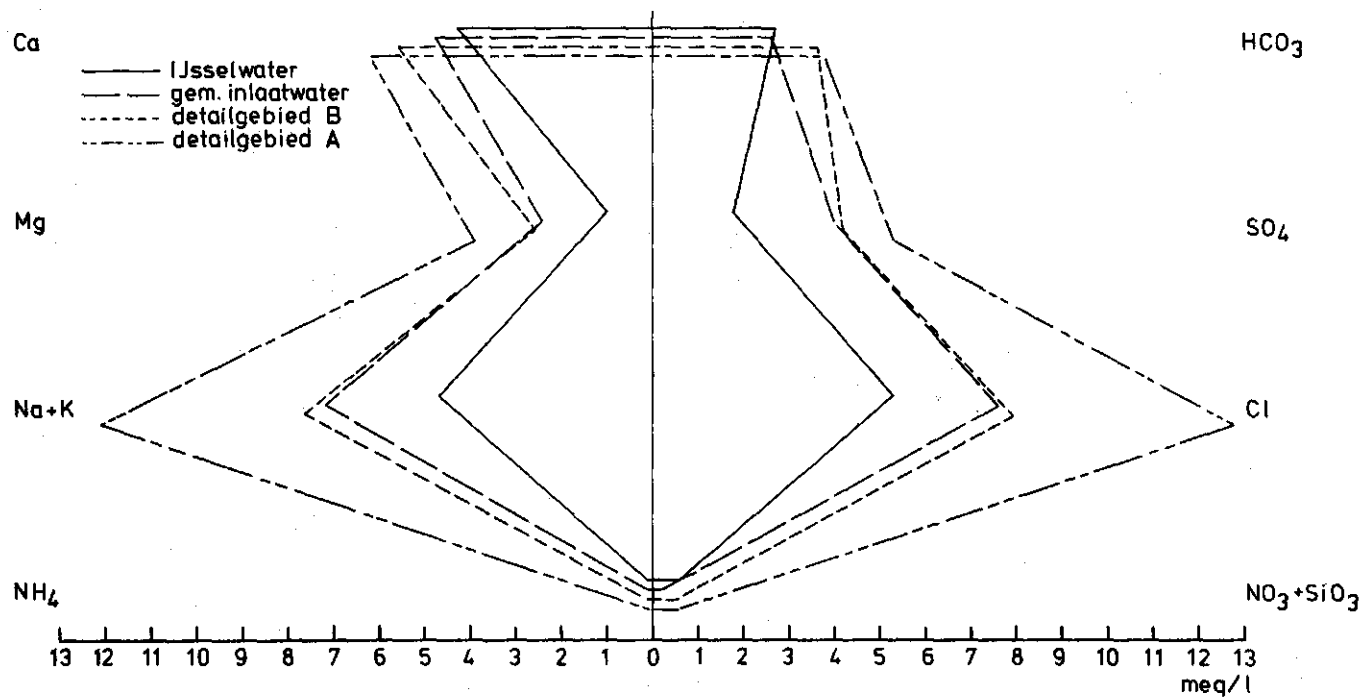


Fig. 5 a en b. Stiffdiagrammen van het boezemwater per detailgebied van de IJssel naar het Noordzeekanaal

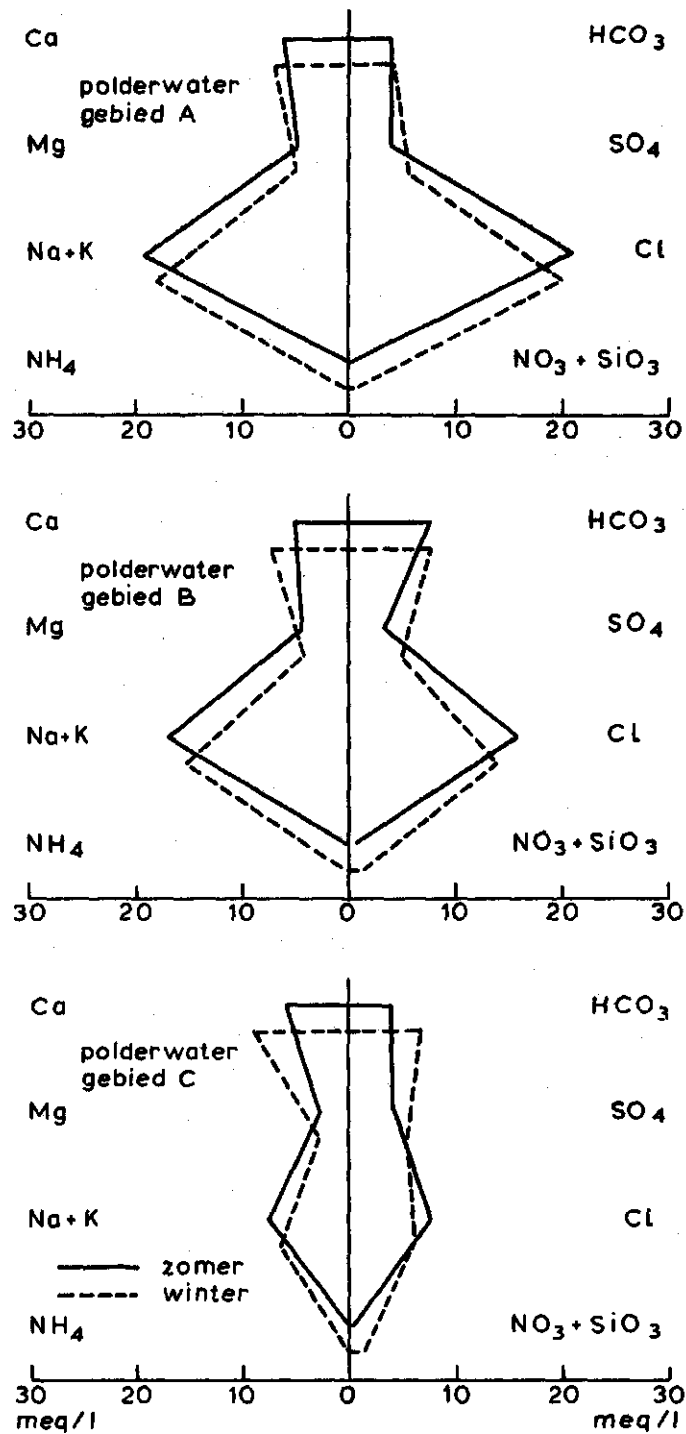


Fig. 6a. Stiffdiagrammen van het polderwater

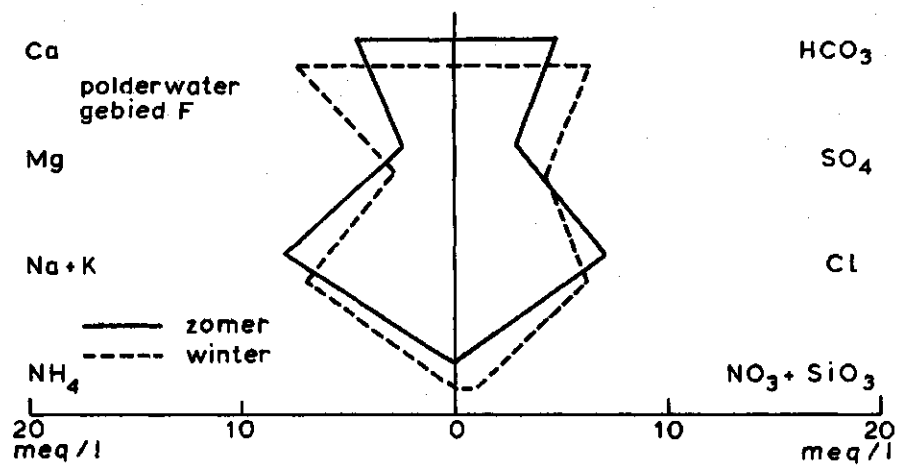
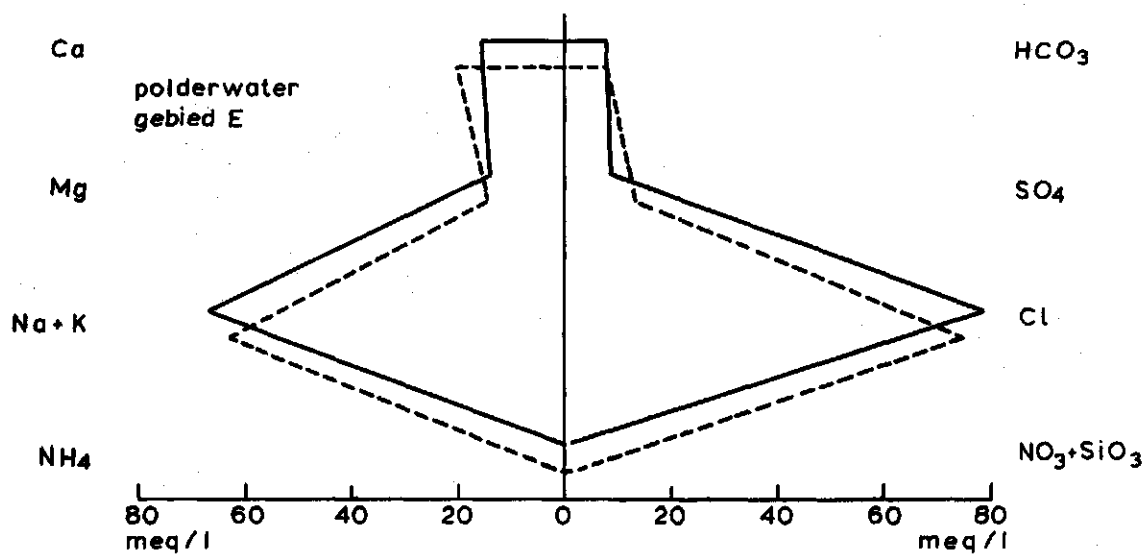


Fig. 6b. Stiffdiagrammen van het polderwater

Fig. 5 geeft hetzelfde weer, maar dan voor de deelgebieden B en A. Hier zien we een zeer geleidelijk verlopend beeld.

In het polderwater zijn de gemiddelde concentraties beduidend hoger dan in het boezemwater. Dit is een gevolg van de interne zoutbelasting, welke veroorzaakt wordt door onder andere kwel, uitspoeling bodemmineralen en meststoffen, industrie en gasbronnen.

In fig. 6 a+b zijn de gegevens van alle polderpunten per detailgebied gemiddeld en in ionendiagrammen uitgedrukt voor zowel de zomer- als de wintersituatie. Uit alle figuren blijkt, dat het watertype slechts weinig verandert, in de winter vindt een toename van  $\text{Ca}$ ,  $\text{HCO}_3$  en  $\text{SO}_4$  plaats, terwijl in de zomer Na en Cl in een grotere concentratie aanwezig is. Opvallend in tabel 5 is dat de som van de kat- en anionen in de detailgebieden C en F laag is, deze sommen komen overeen met die van het boezemwater. Hieruit mag worden geconcludeerd dat de gemiddelde kwaliteit van dit polderwater aanvaardbaar is.

### 5.3. C o r r e l a t i e s   t u s s e n   d e   b e p a l i n g e n

In deze paragraaf wordt aangegeven in hoeverre de waarnemingen aan elkaar gerelateerd kunnen worden. In veel gevallen worden er overeenkomsten en tegenstellingen gevonden die niet altijd duidelijk verklaarbaar zijn. Eerst zal getracht worden het verband aan te geven tussen de samenstelling van het oppervlaktewater en het grondwater. Daarna wordt ingegaan op de beïnvloeding van enkele strategische monsterpunten en de verandering welke in de kwaliteit van het oppervlaktewater per detailgebied wordt aangetroffen.

#### 5.3.1. Correlatie in de samenstelling van het grondwater en het oppervlaktewater

De chemische samenstelling van het oppervlaktewater kan worden beïnvloed door het grondwater en omgekeerd. Deze onderlinge beïnvloeding is een gevolg van het optreden van verticale stromingen in de grond. De invloed van het diepe grondwater gaat een rol spelen indien er kwel in een polder optreedt en wanneer er gasbronnen aanwezig zijn. De grootte van de kwel is onder andere afhankelijk van

de doorlatendheid van de verschillende bodemlagen en het polderpeil. Vanwege de veelal afwijkende chemische samenstelling is het van belang de grootte van de kwel te kennen. Het ondiepe grondwater speelt vooral in de winterperiode een belangrijke rol.

In de fig. 7 t/m 9 zijn van een aantal polders de watertypen van het grondwater 15 - 25 m -NAP en het oppervlaktewater in ionendiagrammen uitgezet. De diagrammen van het grondwater zijn samengesteld uit het gemiddelde van de grondwatermonsters binnen de polder (VAN REES VELLINGA en WITT, 1980). Voor het oppervlaktewater c.q. polderwater zijn de monsterpunten bij de gemalen genomen als weergave van de gemiddelde kwaliteit van de zomers '77 en '78. Bij vergelijking van het oppervlakte- en grondwatertype van de Wijde Wormer (fig. 7) zien we een goede overeenkomst, dit geldt ook voor de Baasdorpermeer (fig. 8). In deze beide polders wordt kwel aangetroffen, waardoor er een beïnvloeding kan ontstaan. In de Baasdorpermeer is de kwel 'zoet', toch bevat het oppervlaktewater vrij veel NaCl. De oorzaak hiervan moet gezocht worden bij de gasbronnen die een grote hoeveelheid zout water naar het oppervlak brengen (TOUSSAINT, 1978). De overige 4 polders (Beetskoog, Slikven, Oostzaan en Oosterpolder) zijn infiltratiepolders. Hier wordt de kwaliteit van het oppervlaktewater vooral bepaald door het uit de boezem ingelaten water en het afvalwater. Voor de zomertoestand is het inlaatwatertype ook goed herkenbaar. In de polders Beetskoog, Slikven en Oosterpolder vertoont de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater weinig overeenkomst. Dit zijn polders met een geringe wegzijging (circa  $20 \text{ mm.j}^{-1}$ ), waarbij de wederzijdse beïnvloeding gering is. Bij de polder Oostzaan (fig. 9) is een goede overeenkomst te zien tussen het grond- en oppervlaktewater. De situatie is hier dusdanig, dat het ingelaten water, belast is met het uitgeslagen water van de Wijde Wormer. Hierdoor komt de kwaliteit van het oppervlaktewater overeen met die van het grondwater, waardoor er geen directe beïnvloeding geconstateerd kan worden. Dit in tegenstelling tot de andere wegzijgingen, waar een duidelijk verschil in type herkenbaar is.

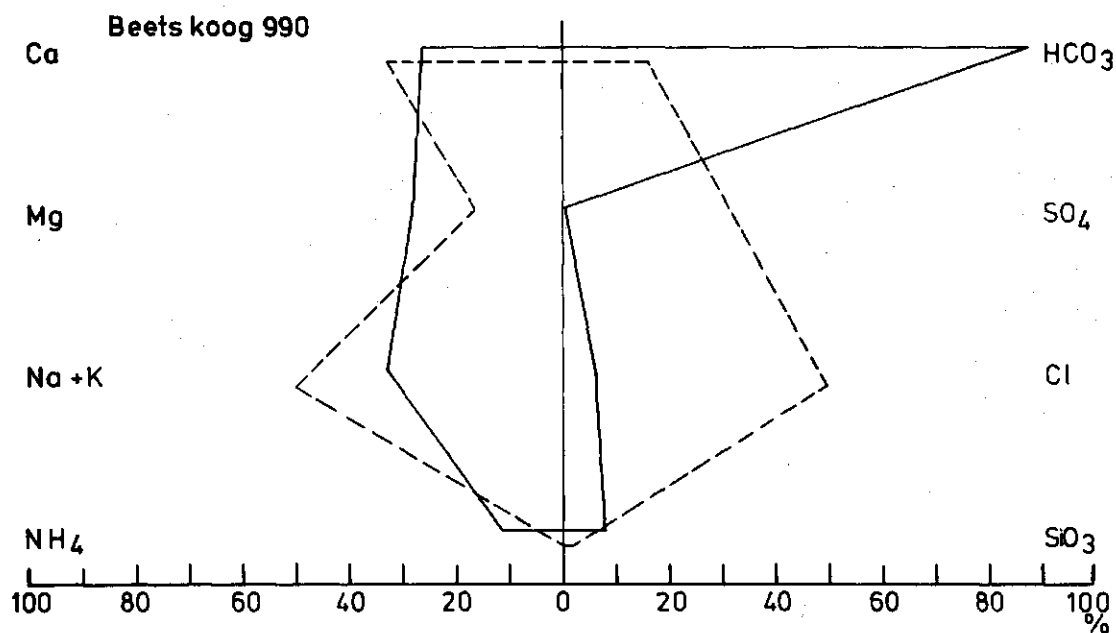
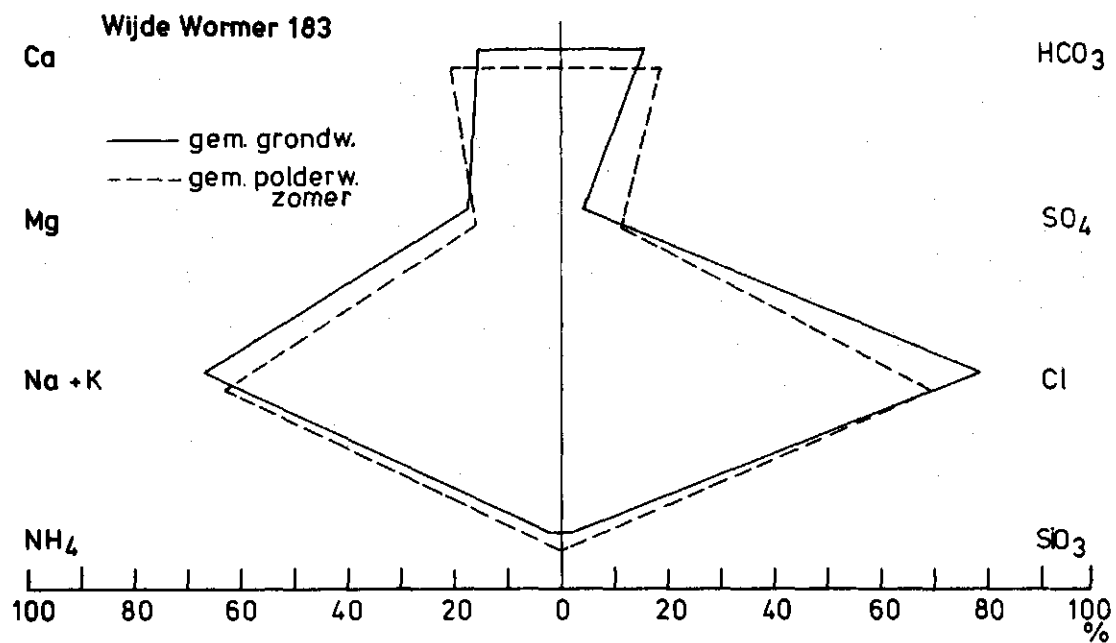


Fig. 7. Stiffdiagrammen van het oppervlaktewater en het grondwater  
(15-25 m -NAP)

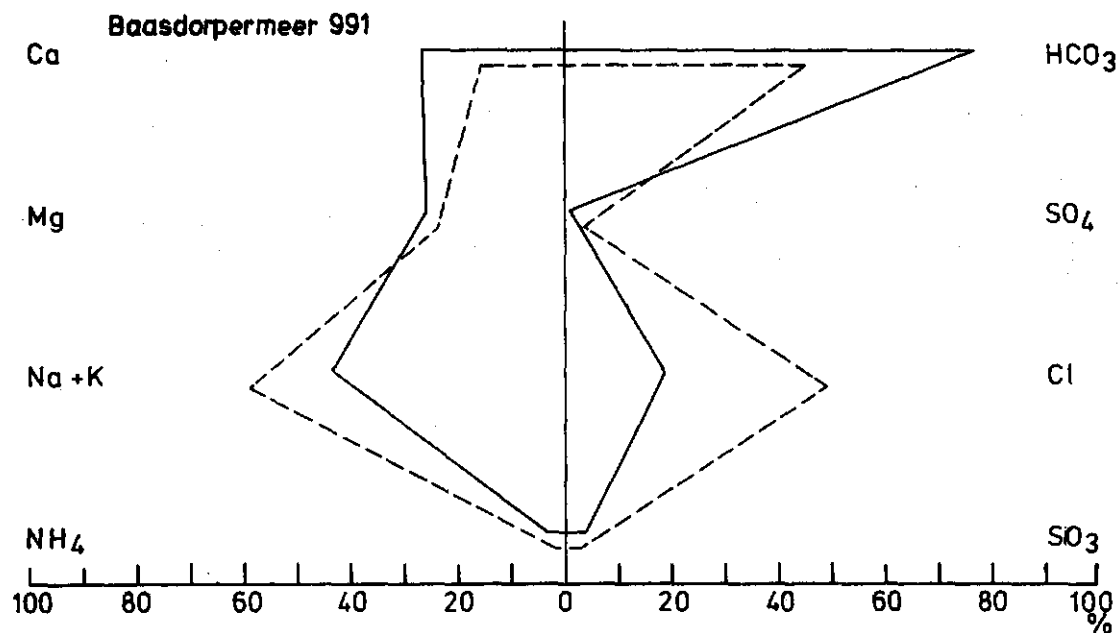
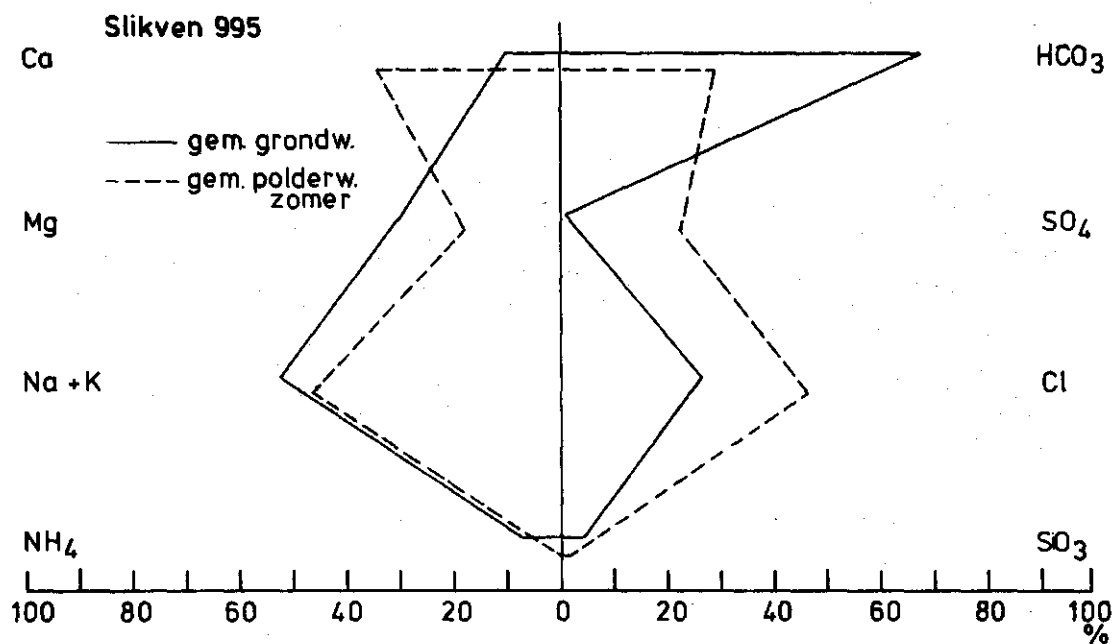


Fig. 8. Stiffdiagrammen van het oppervlaktewater en het grondwater  
 (15-25 m -NAP)



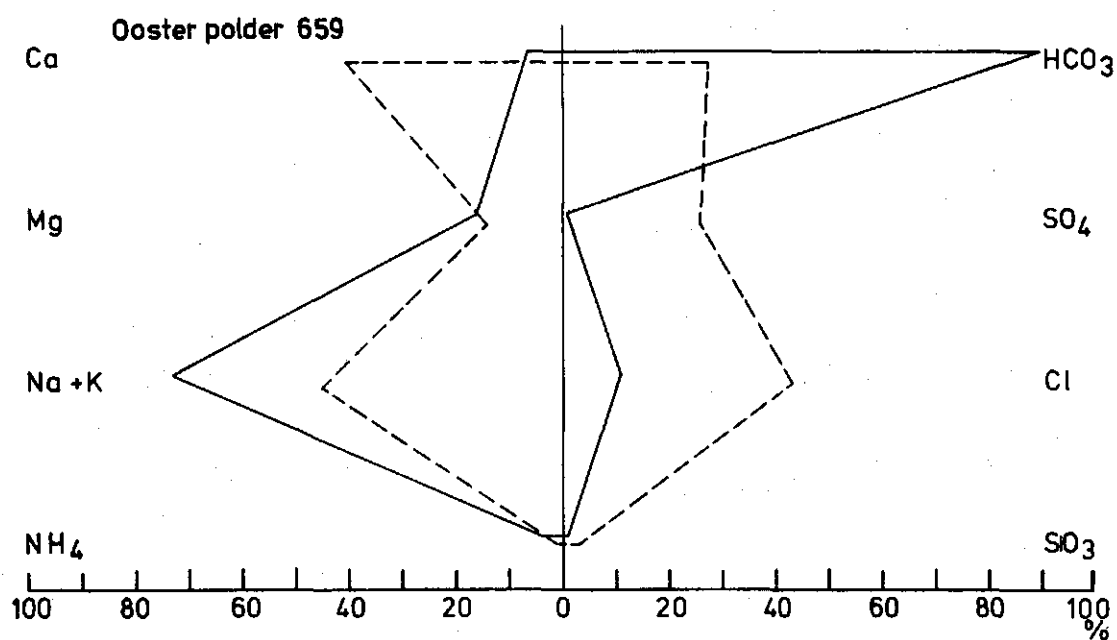
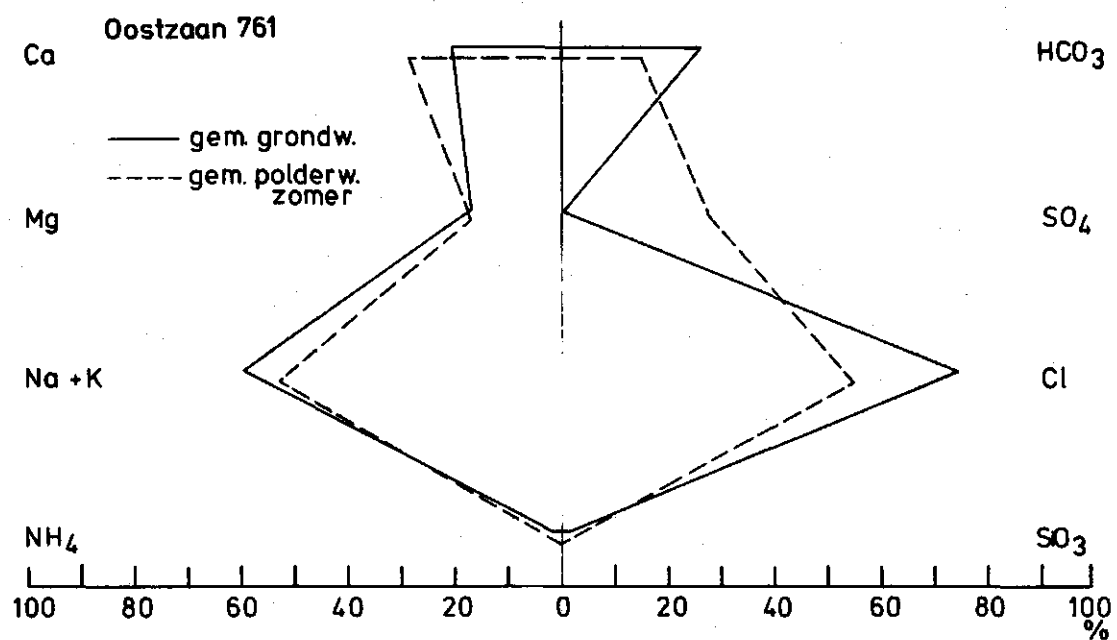


Fig. 9. Stiffdiagrammen van het oppervlaktewater en het grondwater  
 (15-25 m -NAP)

Door de mogelijke invloed van horizontale grondwaterstromingen en chemische en biologische processen is het moeilijk om de op grotere diepten gemeten concentraties direct in verband te brengen met de oppervlaktewaterkwaliteit van de desbetreffende polders. Bij alle zes de polders bevindt zich een uiterst geringe concentratie sulfaat in het grondwater, terwijl in het oppervlaktewater het sulfaat duidelijk aanwezig is. Dit sulfaat komt vooral bij organische gronden in de bodem vrij, waarna het via ondiepe grondwaterstromingen in het oppervlaktewater komt. De concentratie van het bicarbonaat in het grondwater is groot als gevolg van de overdruk situatie waaraan het koolzuurgas is blootgesteld. Zodra de druk afneemt, zoals bij uitstroming in open water, neemt de concentratie eveneens af. Daarnaast leidt ook de lagere pH van het grondwater tot een hogere bicarbonaatconcentratie.

#### 5.3.2. Correlaties in het oppervlaktewater

De hardheid van het oppervlaktewater is gering in vergelijking met die van het grondwater. In fig. 10 wordt aan de hand van een klasseindeling een indruk gegeven van de totale hardheid. Hierbij moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke en blijvende hardheid. De tijdelijke hardheid kan weggenomen worden door het water een koolzuurbehandeling te geven. In Noord-Holland is circa 50% van de hardheid in het polderwater van tijdelijke aard. In het boezemwater is dit circa 35% en in het IJsselmeer circa 10%. In de kwelpolders zal de tijdelijke hardheid een grotere bijdrage leveren dan in de overige polders. Als voorlopige grenswaarde voor de totale hardheid wordt  $14^{\circ}\text{D}$  aangehouden (I.M.P.).

De hardheid speelt vooral een rol bij het gebruik van oppervlaktewater voor beregening. Voor het beregeningswater is het ook van belang het ijzergehalte te kennen. Opgelost ijzer komt in het oppervlaktewater maar in geringe mate voor. Als voorlopige grenswaarde wordt  $1,0 \text{ mg.l}^{-1}$  aangehouden (I.M.P.). Zoals uit fig. 11 blijkt, is het ijzergehalte over het algemeen beneden deze grenswaarde. Het opgeloste ijzer zal veelal oxideren en vervolgens als een bruine neerslag afgezet worden op de slootbodem.

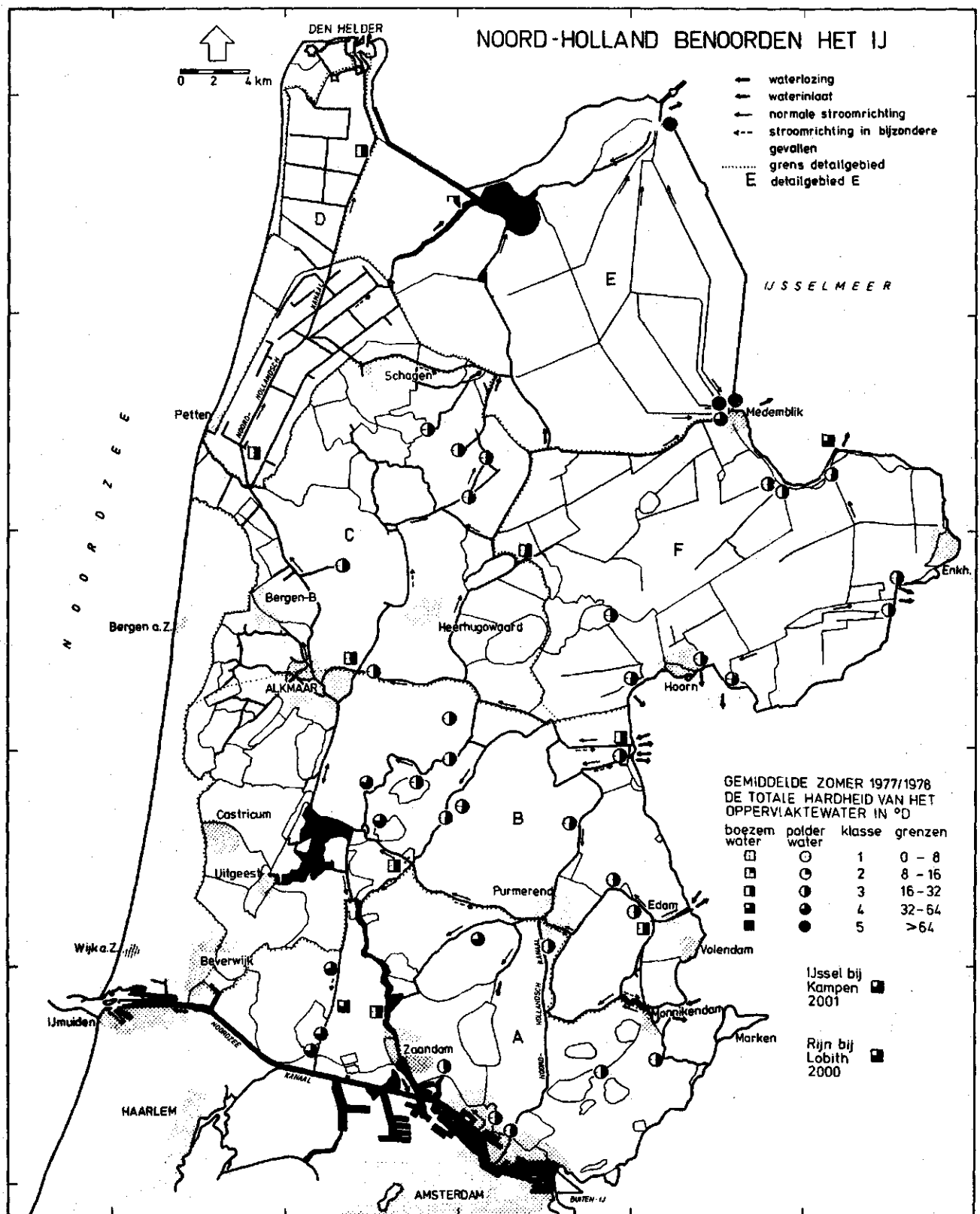


Fig. 10. De totale hardheid van de oppervlaktewateren gedurende de zomerhalfjaren 1977 en 1978

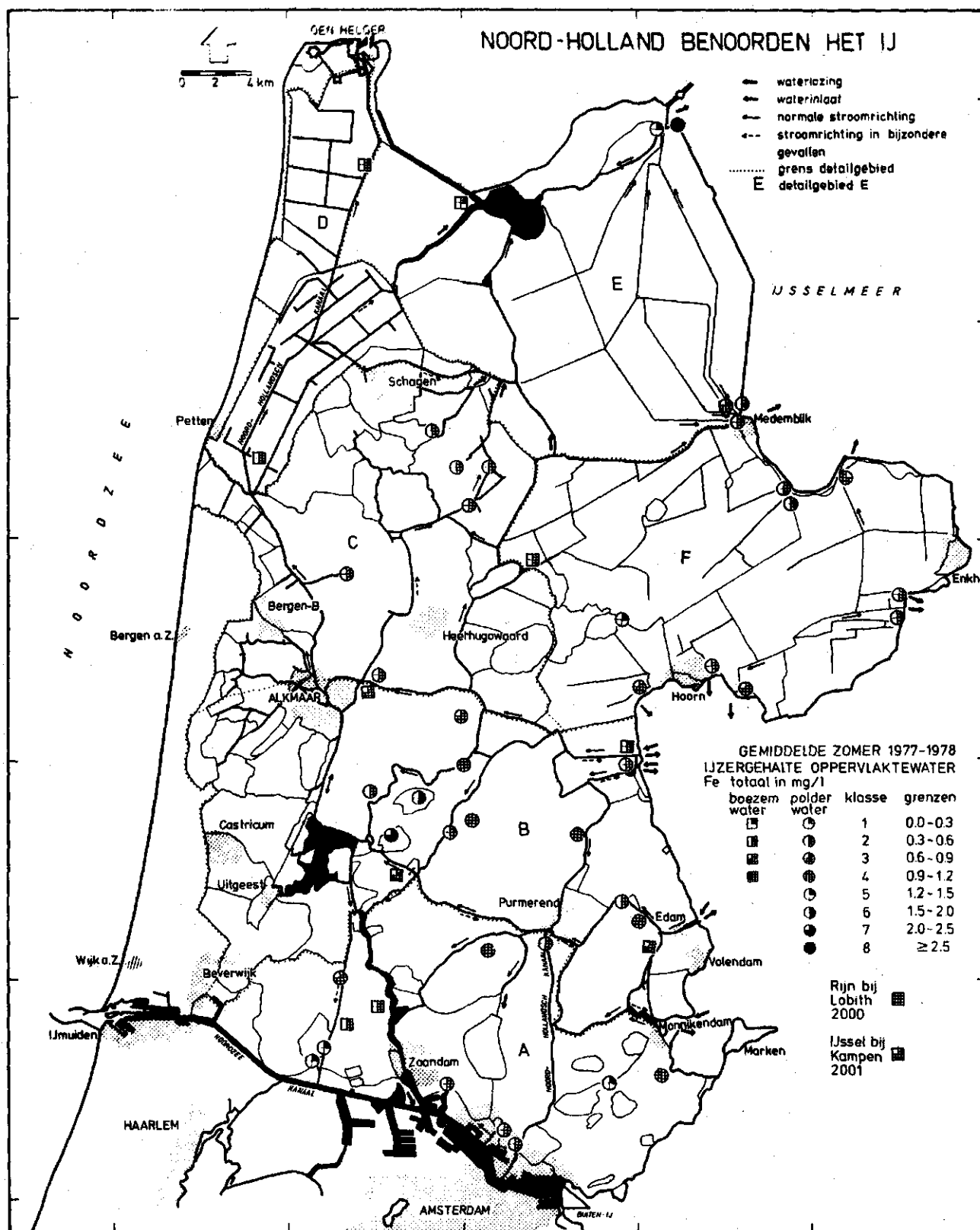


Fig. 11. Het ijzergehalte van de oppervlaktewateren gedurende de zomerhalfjaren 1977 en 1978

Tussen een aantal bepalingen van het boezem- en polderwater zijn de onderlinge verbanden nagegaan. Dit is gedaan door de correlatiecoëfficiënt en de regressielijn te berekenen. Hierbij is uitgegaan van het basismateriaal. Een overzicht van de resultaten is weergegeven in de tabellen 7 t/m 9.

Enkele resultaten zijn uitgewerkt in figuren (bijlagen 57 t/m 67). Behalve de schalen zijn in de figuren het aantal paren gegevens opgenomen, die binnen een bepaalde klasse voorkomen. Het voordeel van deze werkwijze is, dat alle gegevens in de figuur kunnen worden verwerkt. Wanneer elk gegeven door één teken wordt voorgesteld zou het moeilijker zijn om het in één figuur weer te geven. De verbanden worden achtereenvolgens besproken.

Tabel 7. Correlatie tussen som anionen - som kationen

SOM ANIONEN - SOM KATIONEN					MEG/L				
Y=A+BX	N	R	XGEN	YGEN	A	SA	B	SB	(Y OP X)
BOEZEMWATER ZOMER GEN. 1977 + 1978									
A	72	0,9990	19,55	19,46	0,40	0,111	0,975	0,0052	
B	108	0,9738	13,75	13,70	0,42	0,303	0,966	0,0219	
C	120	0,9992	18,43	18,30	0,29	0,081	0,978	0,0036	
D	78	0,9996	24,85	24,68	0,12	0,104	0,988	0,0033	
E	36	0,9983	26,53	26,17	-0,02	0,280	0,987	0,0098	
BOEZEMWATER WINTER GEN. 77/78 + 78/79									
A	57	0,9990	20,80	20,80	0,51	0,134	0,971	0,0059	
B	90	0,9927	14,67	14,66	-0,29	0,198	1,019	0,0132	
C	100	0,9982	20,67	20,62	0,77	0,145	0,960	0,0059	
D	67	0,9978	25,96	26,06	-0,36	0,273	1,018	0,0085	
E	30	0,9988	32,76	32,30	0,95	0,302	0,957	0,0087	
POLDERWATER ZOMER GEN. 1977 + 1978									
A	120	0,9994	30,13	29,97	-0,22	0,114	1,002	0,0033	
B	132	0,9958	26,83	26,72	-0,23	0,243	1,004	0,0081	
C	72	0,9283	16,50	16,44	1,72	0,713	0,892	0,0427	
E	60	0,9992	97,02	95,83	0,67	0,543	0,981	0,0050	
F	102	0,9979	15,43	15,35	-0,47	0,100	1,026	0,0067	
POLDERWATER WINTER GEN. 77/78 + 78/79									
A	107	0,9992	30,25	30,26	0,09	0,130	0,997	0,0038	
B	120	0,9991	26,84	27,16	0,50	0,121	0,990	0,0040	
C	66	0,9719	17,94	18,51	0,20	0,565	1,021	0,0309	
E	55	0,9991	99,23	98,35	0,67	0,626	0,984	0,0057	
F	99	0,9952	16,92	17,27	0,03	0,170	1,019	0,0101	

Tabel 8. Correlatie tussen geleidingsvermogen - chloride gehalte

Y=A+BX    N    R    XGEM    YGEM    A    SA    B    SB    (Y OP X)

## BOEZEMWATER ZOMER GEM. 1977 + 1978

A	72	0,9941	182,63	437,09	-167,35	8,578	3,310	0,0431
B	108	0,8188	129,19	276,47	14,10	17,935	2,031	0,1383
C	120	0,9950	169,71	398,81	-199,46	6,619	3,525	0,0326
D	78	0,9975	227,95	585,89	-207,68	7,923	3,481	0,0281
E	36	0,9857	245,00	655,67	-197,11	27,012	3,481	0,1022

## BOEZEMWATER WINTER GEM. 77/78 + 78/79

A	57	0,9842	189,79	434,41	-201,23	16,764	3,349	0,0813
B	90	0,6703	133,39	257,80	43,11	25,671	1,610	0,1899
C	100	0,9881	183,71	390,78	-268,93	12,430	3,591	0,0564
D	67	0,9972	236,15	586,76	-244,32	9,680	3,519	0,0329
E	30	0,9925	297,73	790,35	-350,01	28,419	3,857	0,0898

## POLDERWATER ZOMER GEM. 1977 + 1978

A	120	0,9572	270,00	747,56	-180,88	29,648	3,439	0,0957
B	132	0,8673	230,02	552,67	-122,14	38,515	2,034	0,1477
C	72	0,5051	142,92	264,08	120,08	29,855	1,008	0,2052
E	60	0,9931	839,41	2795,20	-482,21	56,517	3,904	0,0606
F	102	0,8849	138,21	258,13	-4,06	14,349	1,897	0,0998

## POLDERWATER WINTER GEM. 77/78 + 78/79

A	107	0,9595	269,96	712,31	-171,26	28,732	3,273	0,0938
B	120	0,9749	234,33	504,33	-271,82	18,612	3,312	0,0697
C	66	0,7972	150,77	207,35	-95,25	29,166	2,007	0,1900
E	55	0,9651	837,78	2720,76	-313,78	126,432	3,822	0,1350
F	49	0,6691	137,69	213,47	32,38	21,648	1,315	0,1483

Tabel 9. Correlatie tussen geleidingsvermogen - som totaal ionen

Y=A+BX    N    R    XGEM    YGEM    A    SA    B    SB    (Y OP X)

## BOEZEMWATER ZOMER GEM. 1977 + 1978

A	72	0,9978	182,63	1223,75	75,24	10,052	6,289	0,0505
B	108	0,9732	129,19	873,84	-193,30	24,585	8,260	0,1895
C	120	0,9965	169,71	1155,31	81,20	9,958	6,329	0,0400
D	78	0,9978	227,95	1537,05	79,76	13,653	6,393	0,0484
E	36	0,9934	245,00	1610,81	120,19	31,915	6,084	0,1207

## BOEZEMWATER WINTER GEM. 77/78 + 78/79

A	57	0,9910	189,79	1323,57	105,79	24,085	6,418	0,1169
B	90	0,9530	133,39	958,07	-211,34	40,172	8,767	0,2972
C	100	0,9924	183,71	1338,34	182,98	17,422	6,289	0,0790
D	67	0,9983	236,15	1644,13	120,96	13,842	6,450	0,0470
E	30	0,9927	297,73	2002,93	324,78	40,994	5,836	0,1295

## POLDERWATER ZOMER GEM. 1977 + 1978

A	120	0,9561	270,00	1857,15	140,63	55,624	6,357	0,1795
B	132	0,8830	230,02	1734,80	378,96	71,668	5,894	0,2748
C	72	0,7029	142,92	1081,72	487,38	73,174	4,158	0,5030
E	60	0,9928	839,41	5756,83	85,78	101,001	6,756	0,1083
F	102	0,9465	138,21	1019,36	-130,60	40,763	8,320	0,2836

## POLDERWATER WINTER GEM. 77/78 + 78/79

A	107	0,9638	269,96	1889,37	145,43	53,557	6,460	0,1749
B	120	0,9808	234,33	1781,45	160,59	33,844	6,917	0,1267
C	66	0,9145	150,77	1259,55	86,29	66,059	7,782	0,4303
E	55	0,9654	837,78	5944,68	958,56	207,203	5,961	0,2212
F	49	0,7889	137,69	1178,81	453,20	60,843	5,270	0,4169

a) Het verband tussen de som van anionen en de som van kationen

Uit het verband tussen de som van an- en kationen blijkt, dat de twee grootheden duidelijk correleren. De verschillen tussen het boezemwater en het polderwater zijn bijzonder gering. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de bepalingsmethoden, die in de laboratoria gevolgd zijn, uitstekend voldoen. De hoge correlatie-coëfficiënten wijzen op een grote uniformiteit binnen het betreffende watermonster waarin de zouten volledig zijn gedissocieerd (bijlagen 57 en 61).

b) Verband tussen het geleidingsvermogen en het chloridegehalte

Uit de tabel 8 blijkt dat er in het boezemwater een goed verband bestaat tussen het geleidingsvermogen en het chloridegehalte. De correlatie-coëfficiënten benaderen de waarde 1,0 en de richtings-coëfficiënten liggen eveneens dicht bij het optimum. In detailgebied B is de correlatie-coëfficiënt, vooral in de winter, lager dan in de overige gebieden. Dit geldt ook voor de richtingscoëfficiënten (bijlagen 59 en 60).

In het polderwater is het verband over het algemeen minder goed dan in het boezemwater. Met name in de detailgebieden C en F is de correlatie-coëfficiënt lager, ook hier gaat het weer gepaard met een grotere afwijking van de richtingscoëfficiënt ten opzichte van het optimum, in tegenstelling tot detailgebied E.

Dit minder goede verband wordt veroorzaakt door de grotere bijdrage van de overige ionen ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  en  $\text{Ca}^{2+}$ ) in detailgebieden C en F. Aangezien het geleidingsvermogen niet alleen bepaald wordt door het chloridegehalte, is het verband in deze detailgebieden tussen beide grootheden minder goed (bijlagen 62 t/m 64).

c) Het verband tussen het geleidingsvermogen en de som totaal ionen

De correlatie-coëfficiënten in tabel 9 zijn zeer hoog. In het boezemwater blijkt het geleidingsvermogen en de som totaal ionen vrij nauw met elkaar te correleren.

In het polderwater worden enkele afwijkingen gevonden, de oorzaak hiervan moet worden gezocht in het feit, dat de concentratie van de ionen niet overal gelijk is. In de detailgebieden B, C en F liggen verschillende polders, waarvan het polderwater een geringe ionen-

concentratie bevat. Een lage ionenconcentratie zal een lager geleidingsvermogen tot gevolg hebben (bijlage 65 t/m 67).

Bij vergelijking van de tabellen 8 en 9 blijken de correlatiecoëfficiënten van tabel 9 hoger te zijn dan die van tabel 8. Hieruit blijkt dat het geleidingsvermogen een betere maat is voor de som totaal ionen dan voor het chloridegehalte. Vooral bij water met een lage chloride-concentratie, maar een hoge concentratie overige ionen, kan toch een hoog geleidingsvermogen worden gevonden. Dit bevestigt de uitspraak dat het niet altijd mogelijk is het chloridegehalte af te leiden van het geleidingsvermogen.

Voor West-Nederland heeft TOUSSAINT (1972) verbanden berekend tussen verschillende ionen. Hieruit is onder andere gebleken dat er een zo goed als lineair verband bestaat tussen het natrium- en chloridegehalte. Bij de overige ionen is niet altijd een goed verband gevonden. De geringe bruikbaarheid heeft ertoe geleid dat deze berekeningen hier niet uitgevoerd zijn. Wel is nog geprobeerd een verband te vinden tussen het sulfaat- en chloridegehalte, dit heeft echter niet tot bevredigende resultaten geleid. In deze nota wordt er niet verder op ingegaan.

## 6. DE GEVOLGEN VOOR WATERGEBRUIK

De resultaten van het uitgevoerde onderzoek wijzen uit, dat het oppervlaktewater plaatselijk sterk verontreinigd is. Dit geldt zowel voor het totale zoutgehalte als voor de concentratie van de afzonderlijke ionen. Hieruit kan worden geconcludeerd, dat schadelijke gevolgen voor land- en tuinbouw en eventueel voor recreatie en visserij denkbaar zijn.

Zo blijkt onder andere, dat het gemiddelde chloridegehalte voornamelijk in het zomerhalfjaar, plaatselijk stijgt tot boven de toelaatbare grens voor een aantal tuinbouwgewassen. Daarnaast moet aan de eisen voor recreatie en milieu steeds meer aandacht besteed worden, de toelaatbare grenzen worden in sommige delen van het onderzoeksgebied nog overschreden.



Het gemiddelde beeld in de detailgebieden B, C en F is gunstiger dan in de overige detailgebieden. Het polderwater in de detailgebieden B, C en F wordt gekenmerkt door een relatief geringer Cl-gehalte, vooral in de winterperiode, in de zomer wordt dit beeld vertroebeld door onder andere het ingelaten water en de relatief grotere bijdrage van de gasbronnen.

De plaatselijk voorkomende hoge gehalten aan calcium, magnesium en bicarbonaat kwalificeren het water als vrij hard tot hard. De gevolgen van het gebruik van hard water zijn in het algemeen bekend. Als voorlopige grenswaarde voor de tijdelijke hardheid stelt het indicatief meerjarenprogramma 1975-1979 (IMP) 14<sup>0</sup>D.

Ten aanzien van de pH kan worden opgemerkt, dat deze vrij constant is. Er komen geen extreme hoge of lage waarden voor. Bij overschrijding van het gewenste concentratieniveau, is het van belang na te gaan, welke maatregelen er kunnen worden genomen om de verontreiniging te beperken.

In het algemeen wordt nog altijd het chloridegehalte gebruikt als indicatie voor de anorganische verontreiniging. Gezien de bijdrage van andere ionen, als calcium, sulfaat en bicarbonaat, welke intern groter wordt, lijkt het gewenst hieraan meer aandacht te besteden. Er zouden eventueel ook normen aan het totaal zoutgehalte moeten worden gesteld. Een mogelijkheid dienaangaande is, om de kwaliteit van het ingelaten water te bepalen uit het geleidingsvermogen.

Ten aanzien van de interne verontreiniging, speciaal op die plaatsen waar veel water van industrie, gasbronnen en andere verontreinigende bronnen op het boezemwater wordt geloosd, zal intensieve doorspoeling noodzakelijk zijn om een sterkere verdunning te verkrijgen. Zoals uit de resultaten is gebleken kan hierdoor het zoutgehalte snel en aanzienlijk worden verlaagd. Het doorspoelingsbeleid zal dan ook vooral gericht moeten zijn op differentiatie van doorspoeling binnen het gebied, afhankelijk van het gebied. De moeilijkheid is echter dat vooral in droge perioden niet altijd voldoende water van goede kwaliteit beschikbaar is.

## 7. SAMENVATTING

De gebruiksdoeleinden van water in de meest algemene zin zijn de laatste jaren steeds toegenomen en uitgebreid, waardoor de behoefte aan water van goede kwaliteit nog altijd groot is. Elke gebruiker stelt zijn specifieke eisen aan het water. Daardoor is naast de kwantiteit de kwaliteit steeds belangrijker geworden.

Aan de hand van deze nota is getracht een indruk te geven van de chemische samenstelling van het oppervlaktewater van Noord-Holland benoorden het Noordzeekanaal en het IJ. Vooral in dit waterrijke gebied is het belangrijk om een goede indruk te hebben van de waterkwaliteit van het oppervlaktewater. Omdat er een interactie bestaat tussen de samenstelling van het diepe grondwater en die van het oppervlaktewater, is het van belang ook dit onderdeel in de beschouwing op te nemen.

Het onderzoeksgebied beperkt zich tot dat deel van Noord-Holland dat boven het Noordzeekanaal en het IJ ligt, de beide eilanden Texel en Marken zijn niet bij dit onderzoek betrokken. Om een goede indruk van de chemische samenstelling binnen het gebied te krijgen werden 35 punten in het boezemwater en 41 punten in het polderwater maandelijks bemonsterd in de periode van januari 1977 t/m maart 1979. Voor het verkrijgen van een goed overzicht is het onderzoeksgebied verdeeld in 6 detailgebieden, die ieder op zich een eenheid vormen.

De gegevens zijn met behulp van een computer verwerkt. In bijlage tot en met zijn de zomer- en winter-gemiddelden per monsterpunt weergegeven. Aan de hand van deze gegevens zijn de procentuele bijdragen van ieder ion afzonderlijk uitgedrukt in stiffdiagrammen. Deze diagrammen karakteriseren het watertype, waarmee men te maken heeft (fig. 2 t/m 9). Op deze manier kan een goed inzicht verkregen worden in het concentratieverloop van het onderzochte water binnen het onderzoeksgebied. De overige resultaten geven een exacter beeld van het verloop van de ionenconcentraties en de hoeveelheid zout, waarmee het oppervlaktewater is belast.

Door de stiffdiagrammen op kaarten te projecteren wordt het verschil tussen de situatie in zomer- en winterperiode duidelijk zichtbaar (fig. 2 en 3). De kwaliteit van het boezemwater in de

zomerperiode blijft op een nagenoeg gelijk niveau, in de winterperiode daarentegen is een beïnvloeding van het uitgeslagen polderwater te constateren. In beide figuren is een onderscheid te zien tussen het noordelijk deel en het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied. Ten noorden van de lijn Alkmaar-Hoorn wordt naast natrium en chloride ook veel calcium, bicarbonaat en sulfaat in het boezemwater gevonden; het gebied rond de Wieringermeer buiten beschouwing gelaten. In dit deel wordt de kwaliteit voornamelijk bepaald door natrium en chloride. Dit is ook het geval in het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied.

Om een indruk te krijgen van de concentraties, waarin de verschillende ionen in het oppervlaktewater voorkomen, zijn deze per detailgebied uitgezet (tabel 5). Hieruit blijkt, dat het totale zoutgehalte in het boezemwater in de winter hoger is dan in de zomer. De verklaring hiervoor is dat het zout in het zomerhalfjaar, als gevolg van neerslagtekort in de bodem wordt geborgen. In de winter worden deze hoeveelheden weer uitgespoeld en via de boezem wordt het zout afgevoerd.

De ionenconcentraties kunnen ook worden uitgedrukt in stiff-diagrammen (fig. 4 en 5). Op deze wijze kan de toename van het totale zoutgehalte van het boezemwater worden geïllustreerd.

In fig. 10 zijn de totale zoutconcentratie en het chloridegehalte per detailgebied uitgezet in een staafdiagram. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen polder- en boezemwater. De concentraties zijn als zomer- en wintergemiddelden weergegeven.

In het boezemwater is een concentratieverloop te zien vanaf het inlaatwater (gemiddelde kwaliteit van de 3 inlaatpunten) tot aan het spuien bij Den Helder (via detailgebieden B t/m D). In detailgebied B (Schermerboezem-midden) neemt de concentratie in geringe mate toe. Dit is ook het geval in detailgebied C (tussen Alkmaar en Schagen). Opvallend is hier dat in de winter de chlorideconcentratie afneemt. In deze periode neemt de bicarbonaat- en calciumconcentratie echter sterk toe binnen het detailgebied. In detailgebied D (Schermerboezem-noord) loopt de natrium en chlorideconcentratie weer op, waarna het boezemwater in de Noordzee wordt gespuid. Over het algemeen is de gemiddelde ionenconcentratie van het boezemwater in de winter hoger dan in de zomer, terwijl de chlorideconcentratie in de zomer en winter niet veel verschillen.

De gemiddelde ionenconcentratie van het polderwater is, als gevolg van de interne belasting, in het algemeen hoger dan die van het boezemwater. Ook hier is de concentratie in de winter iets hoger dan in de zomer. Dit geldt niet voor de chlorideconcentratie. Deze is in de zomer hoger dan in de winter.

De chemische samenstelling van het oppervlaktewater kan worden beïnvloed door het grondwater en omgekeerd. Met name in de kwelpolders kan het diepe grondwater (15-25 m -NAP) het oppervlaktewater beïnvloeden. Met behulp van stiffdiagrammen is het mogelijk het verschil in samenstelling tot uiting te brengen. In fig. 7 t/m 9 is dit voor een aantal polders uitgevoerd. Hierbij zijn zowel kwelpolders als infiltratiepolders nader bekeken. Bij de kwelpolders is een goede overeenkomst te bespeuren, bij de infiltratiepolders is deze overeenkomst veelal niet aanwezig. In alle polders is de sulfaatconcentratie van het grondwater hoger dan die van het oppervlaktewater. Ook is de bicarbonaatconcentratie in het grondwater hoger.

De totale hardheid en het ijzergehalte van het Noordhollandse oppervlaktewater voldoen aan de gestelde eisen (resp.  $14^{\circ}\text{D}$  en  $1,0 \text{ mg.l}^{-1}$ ). In respectievelijk fig. 8 en 9 zijn deze grootheden in kaart uitgewerkt.

Om een indruk te krijgen van de relaties tussen de verschillende parameters zijn enkele correlatie- en regressieberekeningen uitgevoerd (zie bijlagen 57 t/m 67). Hieruit blijkt, dat de somkationen en de som anionen goed met elkaar correleren. Door de correlatie-coëfficiënten te berekenen tussen het geleidingsvermogen-chloridegehalte en geleidingsvermogen-som totaal ionen, blijkt dat de methode om uit het geleidingsvermogen het chloridegehalte af te leiden niet betrouwbaar is. Vooral bij 'zoet' water kan dit tot verkeerde conclusies leiden.

Tenslotte kan uit de resultaten worden geconcludeerd dat het oppervlaktewater in Noord-Holland zowel door externe als interne zoutbronnen wordt verontreinigd. Zowel het totale zoutgehalte als de concentratie van de afzonderlijke ionen kunnen, bij een voldoende hoeveelheid beschikbaar water van goede kwaliteit, op hetzelfde niveau gehandhaafd blijven. In enkele gevallen is het wenselijk

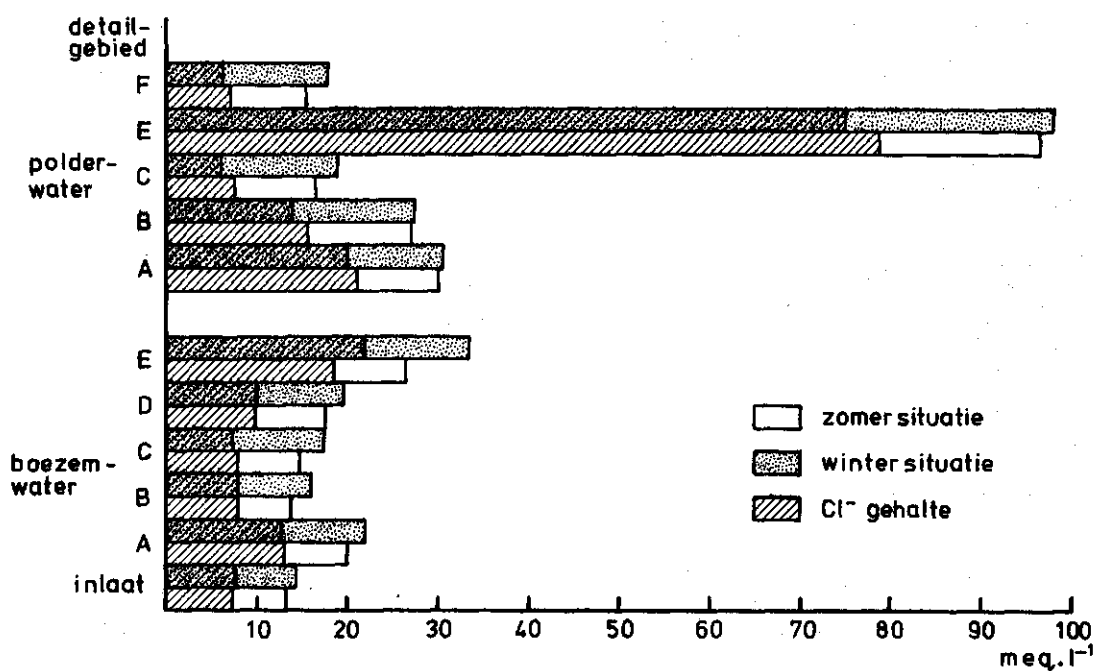


Fig. 12. Som anionen en chloridegehalte per detailgebied voor boezem- en polderwater in meq.l<sup>-1</sup> (zie ook tabel 5 en 6)

de kwaliteit plaatselijk te verbeteren. Alleen dan kan men op die plaatsen over water van redelijke kwaliteit beschikken.

## 8. LITERATUUR

- BOTS, W.C.P.M. e.a., 1978. Fysisch-chemische samenstelling van oppervlakte- en grondwater in het Noorden des Lands. ICW. Regionale studies 13, Wageningen
- INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING, 1976. Hydrologie en waterkwaliteit van Midden-West Nederland. ICW Regionale studies 9, Wageningen
- MINISTER VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1975. De bestrijding van de verontreiniging van het oppervlaktewater. Indicatief meerjarenprogramma 1975-1979
- POMPER, A.B., 1979. De geologische en geo-hydrologische opbouw van Noord-Holland benoorden het Noordzeekanaal. Nota ICW 1135
- PROVINCIALE WATERSTAAT VAN NOORD-HOLLAND, 1979. Waterkwaliteit in Noord-Holland een overzicht van 1977 en 1978
- REES VELLINGA, E. VAN en H. WITT, 1980. De chemische samenstelling van het grondwater in Hollands noorder kwartier. Nota ICW in concept
- STEENVOORDEN, J.H.A.M. Persoonlijke mededeling
- STICHTING VOOR BODEMKARTERING, 1957. Rapport van de verkenning van de bodemgesteldheid van het noordelijk, midden en zuidelijk gedeelte van de provincie Noord-Holland
- TOUSSAINT, C.G., 1972. Chemische samenstelling van het oppervlaktewater in West-Nederland. Nota ICW 653
- \_\_\_\_\_ en T. BOGAARD, 1978. Chloride-, stikstof- en fosfaatbelasting van polderwater door gas- en koelbronnen. Nota ICW 1061

## 9. BIJLAGEN

Bijlage	1 t/m 3	ionenbalans Rijkswateren per zomer en per winter
	3 t/m 21	ionenbalans boezemwater per zomer en per winter
	22 t/m 23	ionenbalans polderwater per zomer en per winter
	45a t/m 45 c	verloop som totaal ionen in boezemwater
	46abc	" geleidingsvermogen " "
	47abc	" chloridegehalte " "
	48abc	" totale hardheid " "
	49abc	" bicarbonaat hardheid" "
	50abc	" sulfaatgehalte " "
	51ab	" som totaal ionen in polderwater
	52ab	" geleidingsvermogen " "
	53ab	" chloridegehalte " "
	54ab	" totale hardheid " "
	55ab	" bicarbonaat hardheid" "
	56ab	" sulfaatgehalte " "
	57 t/m 60	correlaties tussen bepalingen in boezem- water
	61 t/m 67	correlaties tussen bepalingen in polder- water